Д. С. МЕДВЕДОВСКИЙ
О. Н. ГУЗЕВИЧ

ЭЛЕКТРОГИТАРЫ





МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 746

Д. С. МЕДВЕДОВСКИЙ, О. Н. ГУЗЕВИЧ

ЭЛЕКТРОГИТАРЫ



«ЭНЕРГИЯ»
Ленинградское отделение
1970

УДК 681.817.6 · 681.828
6Ф2.7
М42

Медведовский Д. С., Гузевич О. Н.

М 42 Электрогитары. Л., «Энергия», 1970. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 746)

96 стр. с рис.

В книге рассмотрено четыре типа электрических гитар и усилителей к ним. Приводимые конструкции позволяют создать совершенно новые по тембру инструменты. Описанные конструкции гитар и усилителей несложны в исполнении и основаны на использовании унифицированных узлов и деталей широкого применения.

Книга рассчитана на широкий круг радиолюбителей и любителей-музыкантов, а также профессионалов.

3-4-5
440-70

6 ф 2.7

ВВЕДЕНИЕ

Интерес к электрическим гитарам самого различного назначения у широких кругов радиолюбителей, участников художественной самодеятельности и профессиональных артистов с каждым днем возрастает, что видно из материалов, регулярно помещаемых в журналах «Радио», в книгах и брошюрах, выпускаемых различными издательствами. Они посвящены вопросам разработки и конструирования щипковых электрических инструментов, причем главный упор делается на адаптеризацию существующих акустических инструментов.

Современное же развитие радиотехники и радиоэлектроники позволяет создать новые, не только по внешнему виду, но и по своему содержанию, щипковые электрические инструменты — электрогитары. Такие инструменты, оснащенные двумя-тремя датчиками, имеющие до 12 фиксированных тембров и обогащенные новыми музыкальными красками, намного расширяют возможности использования электрических гитар.

Гитара — это старинный народный инструмент, который имеет исключительно широкое распространение. Если раньше гитара использовалась только в аккомпанементе, и то лишь в домашних или камерных условиях, то теперь этот инструмент находит применение в качестве солирующего инструмента, аккомпанемента для солистов хора, в ритмических группах вокально-инструментальных ансамблей, эстрадных и танцевальных оркестрах.

Он хорошо «вписывается» и звучит с клавишными, смычковыми, духовыми и другими музыкальными инструментами. Мощность звучания и диапазон

динамических и тембровых возможностей такого инструмента огромны.

В настоящее время ясно наметилось развитие четырех основных типов электрических гитар, причем каждый из них имеет свое назначение, специфические особенности и характерное звучание.

Вниманию читателей предлагаются: электрогитара-ритм, электробас-гитара, электрогитара-соло и гавайская электрогитара.

В данной книге описываются инструменты, сконструированные авторами. Гитары разработаны не только теоретически, но и выполнены в натуре, опробованы в различных условиях эксплуатации высококвалифицированными профессионалами-музыкантами и, на наш взгляд, соответствуют последним достижениям в этой области. Все это позволяет нам рекомендовать эти инструменты радиолюбителям, интересующимся конструированием электрических гитар.

Все усилители малогабаритны, имеют небольшой вес, удобны для транспортировки, быстро разворачиваются для игры. Электрогитары имеют ряд вспомогательных приспособлений, позволяющих давать целую гамму дополнительных окрасок звука, как-то: вибрато, искусственную реверберацию, органный эффект и др. Управление вышеуказанными устройствами расположено на электрогитаре или в специальной педали, что очень удобно для исполнителя во время игры на инструменте.

Ознакомившись с книгой, радиолюбители смогут самостоятельно сделать электрогитару. Более того, используя свои знания и смекалку, они усовершенствуют инструменты, создавая еще более интересные установки.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

1. ЭЛЕКТРОГИТАРА-РИТМ

Назначение и конструкция. Гитара предназначена для аккомпанемента и игры в ритмических группах вокально-инструментальных ансамблей, эстрадных и танцевальных оркестрах.

Инструмент состоит из массивного корпуса, грифа и головки грифа (см. рис. 1). На верхней части его установлены два датчика звукоснимателя *6*, *8*, два потенциометра для регулирования громкости звука *5*, *7*. В боковой стенке гитары вставлен клавишный переключатель *10*, позволяющий получать до восьми фиксированных тембров. Электрогитара имеет шесть струн, колковую механику *1*, струнодержатель *11*, лады *3*, «точки» *4*, а также верхний и нижний порожки *2*, *9*, разъем *12* и кнопку *13*.

Корпус — основа электрогитары, на которой установлены датчики, управление тембрами и динамическими оттенками. Корпус должен иметь форму, удобную для исполнителя. Он изготавливается из сплошного массива, в отличие от обычной акустической гитары, которая имеет верхнюю и нижнюю деки, связанные обечайкой.

Материалом для корпуса может служить дерево любой породы. Для облегчения веса и дальнейшей обработки следует использовать древесину мягких пород, например, ель, сосну, липу, ольху и др. Сначала делают заготовку, которую в целях ликвидации возможного искривления корпуса рекомендуется склеивать столярным клеем из нескольких реек (4—5 шт.). Для прочности их надо хорошо подогнать друг к другу — отфуговать. Центральная часть заготовки должна быть длиннее, что необходимо для

будущего грифа (см. рис. 2). Дерево должно быть сухим — влажность не более 7—8%.

Для изготовления будущего корпуса следует сделать шаблон из картона, на котором надо начертить контур инструмента, а также наметить все отверстия. Рекомендуемая форма корпуса представлена на рис. 3. Она очень удобна для исполнителя — вырезы в верхней части корпуса способствуют игре на самых высоких позициях. Кромки инструмента слегка закругляются. После склейки толщину заготовки следует довести до 36 *мм*. Это обеспечивает возможность размещения адаптеров и механизмов управления тембров и динамических оттенков.

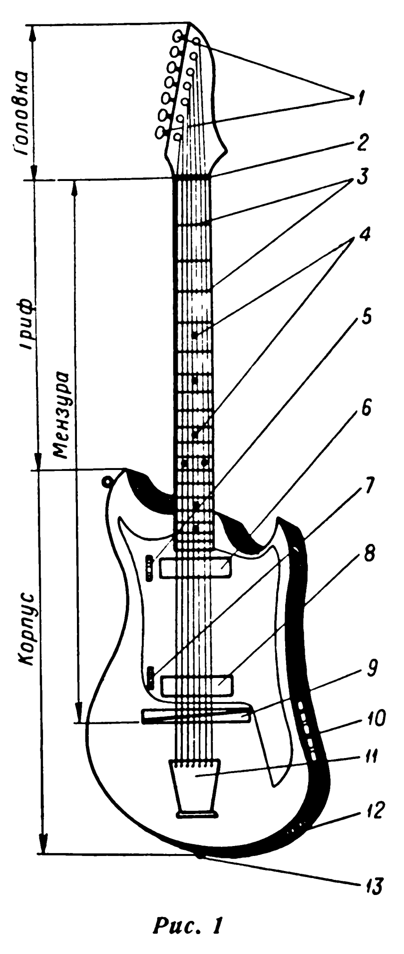


Рис. 1

Гриф — следующий этап изготовления электрогитары. По центру корпуса (см. рис. 4) наклеивается рейка, изготовляемая из твердых пород дерева (бук, береза, клен и др.) толщиной 9 *мм*, длиной 445 *мм*, шириной у нижнего основания 50 *мм*, у верхней части 46 *мм*. Рейка наклеивается так, чтобы широкий конец ее заходил за вырез гитары на 20 *мм*. Как правило, у гитар рабочая часть струны (мензура) принимается длиной 650 *мм*. Двенадцатый лад, от которого ведутся все дальнейшие расчеты,

должен делить длину мензуры на две равные части. Далее от него по направлению к головке необходимо отмерить 325 *мм*; это будет начало грифа. Здесь впоследствии должен быть установлен верхний порожек. На месте обреза необходимо сделать скос так, как указано на эскизе (см. рис. 5); к этому скосу приклеивается головка грифа.

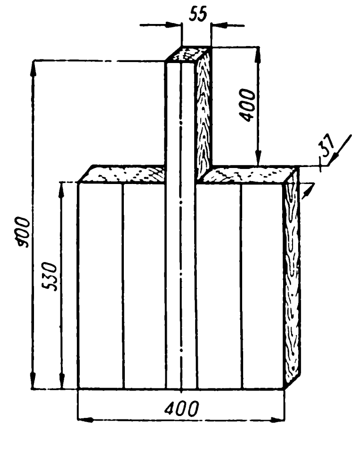


Рис. 2

Головка грифа изготавливается из твердых пород дерева (береза, клен и др.). Форма и размеры ее определяются длиной колковой механики (см. рис. 6). У нижнего основания головки делается такой же скос, как на грифе. Скос к скосу хорошо подгоняют. Головка по отношению к грифу должна быть установлена, как у обычной гитары, т. е. на 15°. Для прочного склеивания головки с грифом, а также в целях повышения

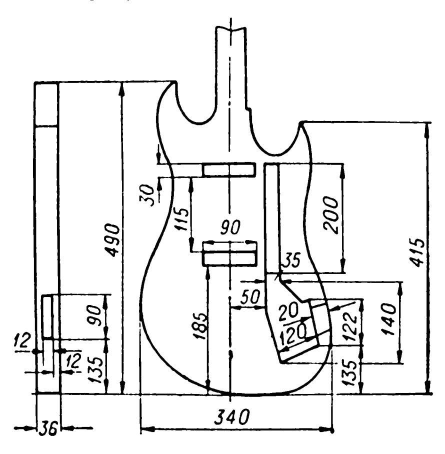


Рис. 3

прочности грифа заготавливается планка из твердой породы дерева длиной 445 *мм*, шириной у верхнего конца 45 *мм*, у нижнего — 50 *мм*, толщиной — 7 *мм*. Эту планку наклеивают на гриф. Между планкой и грифом вклеивается головка (см. рис. 5). Склеивание планки и головки грифа производится одновременно. Склеенные детали хорошо зажимаются струбцинкой и оставляют для просыхания на 24 *ч*.

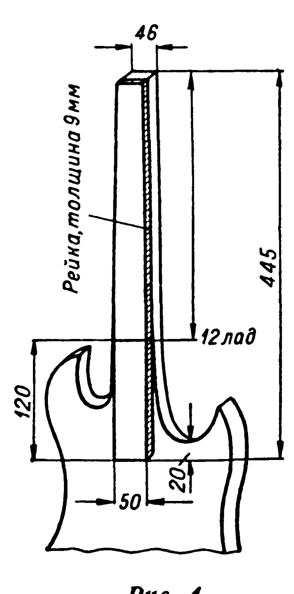




Рис. 4

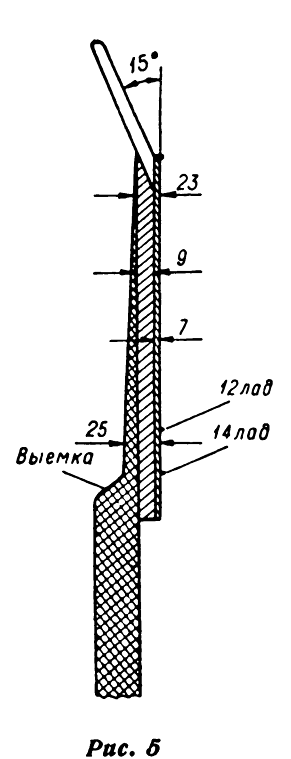


Рис. 5

Дальнейшая обработка грифа сводится к тому, чтобы у 14-го лада сделать пятку, как у обычной гитары, а грифу придается овальная форма. Необходимо, чтобы толщина грифа у 12-го лада была 25 *мм*; у головки — 23 *мм*. Создание трехслойного грифа обеспечивает достаточную прочность, ибо в процессе эксплуатации он должен выдерживать большую нагрузку на изгиб. Достаточно сказать, что каждая струна имеет натяжение до 12 *кг*. Окончательная от-

делка грифа сводится к заравниванию рашпилем и шлифовке наждачной бумагой.

На корпусе гитары должны быть сделаны вырезы для адаптеров и потенциометров. Для адаптеров — на верхней поверхности гитары: первый у конца грифа, второй — не доходя 10 *мм* до подставки. Глубина их 5—7 *мм*. Для потенциометров — в виде канавки длиной 200 *мм*, шириной 34 *мм*, глубиной 26 *мм*. Отверстие для клавишного переключателя делается в боковой стенке гитары; размеры: длина 90 *мм*, ширина 12 *мм*, глубина 122 *мм*. Проем для клавишного переключателя должен быть выполнен так, чтобы последний свободно входил в предназначенное для него место, а клавиши при работе не задевали стенок (см. рис. 3).

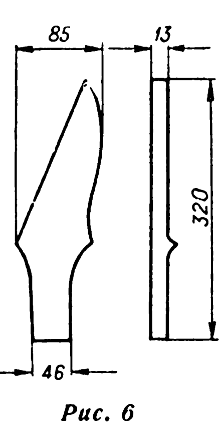


Рис. 6

Разметка грифа и установка ладов является важнейшим этапом работ. Она требует большого внимания, аккуратного исполнения, ибо от правильного расчета будет зависеть возможность игры на гитаре. Предлагается арифметический способ расчета. В результате математических вычислений мензуры в темперированной гамме определен эмпирический коэффициент $K = 17{,}8$.

Как было сказано выше, рабочая часть струны принята 650 *мм*. Длина лада определяется по формуле

$$l = \frac{L}{K},$$

где l — длина определяемого лада, *мм*; L — расстояние от нижнего порожка до предыдущего лада, *мм*; K — 17,8 — эмпирический коэффициент.

Пример.

Рассчитать гриф при длине мензуры $L = 650$ *мм*.

Определение первого лада:

$$l_1 = \frac{L}{K} = \frac{650}{17{,}8} = 36{,}5 \text{ мм}.$$

Определение второго лада.

Необходимо найти L_1, для чего из общей длины мензуры L вычитаем длину 1-го лада, т. е.

$$L_1 = L - l_1 = 650 - 36{,}5 = 613{,}5 \text{ мм.}$$

Длина 2-го лада

$$l_2 = \frac{L_1}{K} = \frac{613{,}5}{17{,}8} = 34{,}4 \text{ мм.}$$

Определение третьего лада:

$$L_2 = L_1 - l_2 = 613{,}5 - 34{,}4 = 579{,}1 \text{ мм.}$$

Длина 3-го лада

$$l_3 = \frac{L_2}{K} = \frac{579{,}1}{17{,}8} = 32{,}24 \text{ мм.}$$

Расчет последующих ладов до 20 включительно осуществляется аналогичным способом. Для правильной разметки грифа нанесение каждого последующего лада производится прибавлением соответствующей длины к расстоянию от верхнего порожка (базы) предыдущего лада.

Например:

1-й лад — 36,5 *мм*;

2-й лад — 36,5+34,4=70,9 *мм*;

3-й лад — 70,9+32,2=103,1 *мм*.

Ниже (табл. 1) приводится полный расчет грифа с точностью до десятых.

После проведения разбивки необходимо расчетные данные перенести на гриф. Для этого, поставив линейку вдоль грифа, намечают шилом месторасположение всех ладов. Затем с помощью малки (столярный угольник с переменным углом) или рейсшины проводят параллельные линии. Этим же шилом наносят риски, которые углубляют до 3 *мм* тонкой ножовкой. В сделанные углубления вставляют лады от обычной гитары. При отсутствии готовых ладов, последние можно заменить латунными пластинками такого же размера. Лады вклеиваются столярным клеем. После просушки заравниваются плоским напильником и шлифуются.

Для лучшей ориентировки при игре на некоторых ладах ставятся «точки»: на 12-м ладу — две, по одной рекомендуется устанавливать на 5, 7, 10, 15

Таблица 1

№№ п/п.	Расстояние от нижнего порожка до предыдущего лада	Длина лада	Расстояние от верхнего порожка до определяемого лада
1	650 (длина мензуры)	36,5	36,5
2	613,49	34,4	70,9
3	579,0	32,2	103,1
4	546,79	30,7	133,8
5	516,08	29,0	162,8
6	487,09	27,4	190,2
7	459,73	25,8	216,0
8	433,9	24,4	240,4
9	409,52	23,0	263,4
10	386,52	21,7	285,1
11	364,81	20,5	305,6
12	344,32	19,3	324,9
13	324,98	18,2	343,1
14	306,73	17,2	360,3
15	289,48	16,2	376,5
16	273,22	15,3	391,8
17	257,88	14,5	406,3
18	243,4	13,6	419,9
19	229,74	13,0	432,9
20	216,77	12,2	445,1

и 17 ладах. «Точки» желательно делать круглые из белого целлулоида толщиной 1—1,5 *мм*. Их следует вставить после разбивки грифа, но до вклейки ладов подровнять рубанком или напильником, а затем отциклевать заподлицо с верхней поверхностью грифа.

Колковая механика используется от обычной гитары, но с некоторой переделкой. Если взять четырехколковую механику, то следует отрезать один колок и соединить две механики по три колка вплотную друг к другу.

Лучше использовать трехколковую механику, разрезав ее на три части и расположив так, чтобы расстояние между центрами колков соответствовало расположению последних в четырехколковой механике. В крайнем случае, можно взять две трехколковые механики и установить их в удлиненной головке грифа.

В соответствии с колками в головке грифа просверливаются отверстия, в которые вставляются втулки, выточенные из алюминия или латуни (см.

рис. 7). Втулки предохраняют колковую механику от преждевременного износа. Колки должны свободно вращаться во втулках, которые крепятся в головке грифа клеем БФ-2.

Верхний порожек делается из твердой породы дерева, кости или пластмассы. Его размеры указаны на рис. 8. Порожек устанавливается на клее БФ-2 или «Рапид».

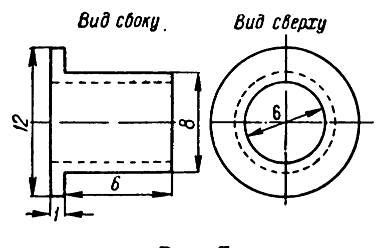


Рис. 7

Подставка изготавливается из твердой породы дерева и устанавливается на расстоянии 325 *мм* от 12-го лада. Ее размеры и конфигурация показаны на рис. 9. На верхней части подставки устанавливается латунный лад или такого же размера латунная пластинка. В дальнейшем через эту пластинку будут заземлены струны. Высота подставки делается условной. После натяжения струн расстояние их от грифа у 12-го лада не должна превышать 2,5—3 *мм*.

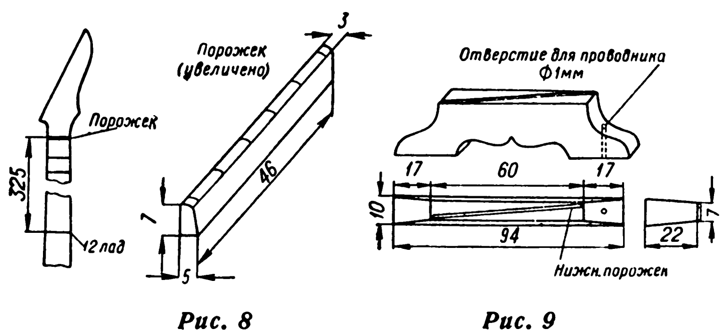


Рис. 8 *Рис. 9*

Струнодержатель для электрогитары можно использовать от обычной гитары (артикул Б-20р производства Ленинградской фабрики народных инструментов им. Луначарского) или изготовить самому такой же или другой формы. Необходимо запомнить, что расстояние между центрами крайних отверстий, в которые будут вдеты струны, не должны превы-

шать 44—45 *мм*. Все остальные отверстия просверливаются на одинаковом расстоянии друг от друга из расчета размещения 6 струн. Примерное расстояние между отверстиями 9—9,2 *мм*, диаметр отверстия для струн 2 *мм*.

Отделка инструмента может быть выполнена в виде оклейки художественным целлулоидом любого цвета и рисунка. Рекомендуется красный или вишневый цвет. Перед оклейкой инструмент следует окрасить черной тушью, а целлулоид погрузить на 2—3 *ч* в хорошо смешанный и отстоявшийся раствор, составленный из 30% ацетона и 70% воды. После рас-

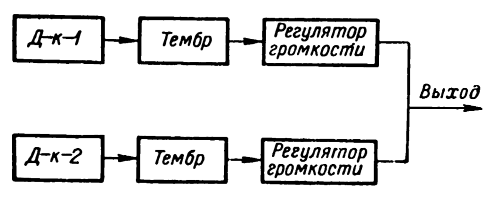


Рис. 10

парки в таком растворе целлулоид становится мягким, как сукно, и его сразу следует наклеивать на гитару лаком цапон. На стыках для прочности целлулоид промазывается ацетоном. Оклеенную гитару необходимо оставить для просушки на 7—10 дней. После этого срока следует обработать инструмент, т. е. спилить все неровности напильником, отциклевать, отшлифовать наждачной бумагой, а затем приступить к полировке. Полируют инструмент пастой «Гойя» с керосином с помощью суконного тампона. Рекомендуется пасту настрогать мелкой стружкой и всыпать в небольшую банку с керосином. Шлифуют до получения ровного зеркального блеска по всей поверхности. Следует отметить, что целлулоидом оклеивают корпус, головку и гриф, кроме верхней части.

Ремень, установленный на кнопке и креплении, облегчает пользование инструментом при игре стоя.

Электрическая схема. Составными элементами электрической схемы являются: звукосниматели, клавишный переключатель тембров и регуляторы громкости звука (см. рис. 10).

Звукосниматель-датчик служит для преобразования механических колебаний струн гитары в электрические сигналы звуковой частоты. Действие магнитного адаптера основано на изменении напряженности магнитного потока, проходящего через струны при их колебаниях. Магнитный поток от постоянного

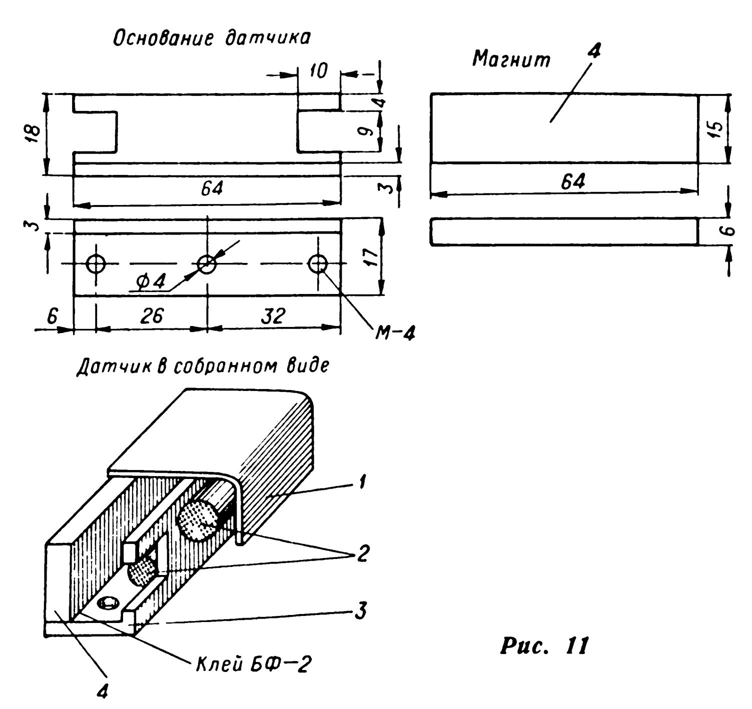


Рис. 11

магнита, проходя по сердечнику, на котором намотана обмотка, замыкается через струны. При колебании струн наводится э. д. с. в обмотке.

Основание датчика изготавливается из мягкой стали марки Ст-3. Магнит представляет собой брусок прямоугольного сечения, который изготавливается из высококачественного магнитного материала — сплава АНКА-2. (Возможны и другие магнитнотвердые сплавы — АНКА-4, АЛЬНИ и др.). Детальный чертеж датчика представлен на рис. 11.

Намотка катушки звукоснимателя бескаркасная и производится непосредственно на основании, пред-

варительно изолированном лакотканью. Обмотка содержит 4000 витков провода ПЭВ-1 ∅ 0,05—0,06 *мм* намотка — внавал. Сопротивление катушки около 4000 *ом*. После окончания намотки катушку следует покрыть полистироловым лаком. К концам обмотки необходимо припаять многожильный тонкий провод длиной 250—300 *мм*, вставить его в экранированную оплетку и ввести в среднее отверстие основания. Экранировка звукоснимателя имеет существенное значение, поэтому прежде чем надеть кожух на датчик, внутренняя поверхность его покрывается тонким слоем латунной фольги, которая соединяется электрически с корпусом датчика.

Внешне датчик оформляется органическим стеклом молочного (белого) цвета. Толщина материала 1,0÷1,5 *мм*. Сначала изготавливают деревянную форму, которая должна соответствовать размерам датчика. Органическое стекло разогревается в горячей воде до температуры 70°—90°. Само выдавливание производится вкладышем, размер которого меньше на толщину стенки материала.

Далее производится сборка датчика: магнит клеем БФ-2 приклеивается к основанию; после полимеризации датчик проверяется на обрыв обмотки, затем опускается в пластмассовое оформление (кожух) и заливается разогретым церезином (или эпоксидным компаундом). Когда масса застынет, рабочая поверхность кожуха датчика спиливается до минимальной толщины, после чего он полируется. Размер звукоснимателя с кожухом: длина 65 *мм*, ширина 26 *мм*, высота 20 *мм*.

К нижней части датчика винтами 4 *мм* крепят планку из гетинакса или другого материала толщиной 1—2 *мм*. Планка должна быть такой же, как адаптер по ширине и выступать на 20 *мм* за датчик по длине (с каждой стороны по 10 *мм*). В открытых частях планки высверливают по два отверстия $d=2$ *мм* с каждой стороны для закрепления датчика на гитаре небольшими шурупами.

Рекомендуется перед установкой датчиков надеть на гитару первую и шестую струны. Первым устанавливают датчик у конца грифа. По высоте он должен быть на одном уровне с последним ладом. Проверку

правильности установки датчика следует производить при нажатой струне на 20-м ладу. Если струна при сильном ударе касается адаптера, то его следует углубить на 0,5—1,0 *мм* или поднять струну на такое же расстояние. Второй адаптер устанавливают на 10—15 *мм* от подставки. Расстояние по вертикали от датчика до нажатой струны на том же ладу должно

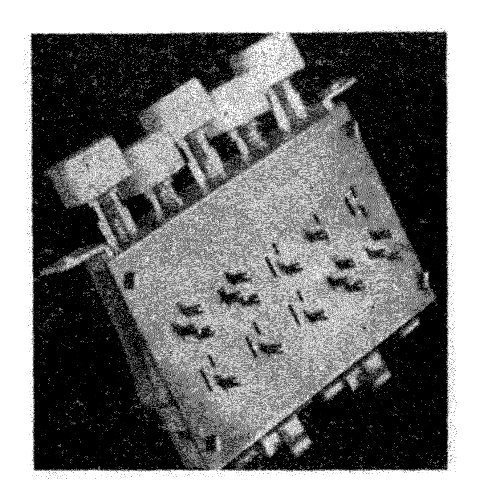


Рис. 12

быть не менее 1,0—1,5 *мм*. Следует иметь в виду, что чем ближе датчик к струнам, тем больше его к. п. д.

Клавишный переключатель тембров предназначен для быстрого переключения фиксированных тембров и звукоснимателей. Беззвучным удобным для управления пальцами правой руки исполнителя является переключатель тембров от радиолы «Эстония-3» или «Эстония-3М» Таллинского завода «Пуане-РЭТ», конструкция которого позволяет при включении нового тембра автоматически выключить прежний (см. рис. 12). Закрепляется переключатель в боковом окошке гитары (см. рис. 1) с помощью двух винтов М3. Он позволяет включать пять основных тембров и несколько дополнительных. Расположение тембров и их характеристики представлены в табл. 2.

Таблица 2

№№ п п	Адап-тер	Клавиша	Схематическое изображение	Характеристика тембров
1	№ 1	К-1	1	Низкий мягкий звук
2	»	К-2	2	Натуральное звучание гитары
3	»	К-3	3	Тембр банджо
4	№ 2	К-4	4	Фанфарное звучание
5	»	К-5	5	Резкий сухой высокий звук
6	1 и 2	К-1 и К-5	1 5	Бочковый звук
7	»	К-2 и К-4	2 4	Свистящий звук

Примечание: 1. Нумерация тембров идет слева направо.

2 Тембры звучат при нажатой клавише.

3 Дополнительная окраска звука при двух одновременно нажатых клавишах.

Регуляторы громкости. Регулирование громкости звука является обязательным условием любого электрического музыкального инструмента. На гитаре устанавливаются два потенциометра типа СПО номиналом от 33 до 47 *ком.* Потенциометр крепится на уголке из латуни толщиной 1,2÷1,5 *мм* (см. рис. 13). Ручки для вращения оси потенциометра можно использовать от регулятора громкости магнитофона «Астра-2». Большое отверстие, имеющееся в ручке, следует заделать гетинаксом и просверлить новое по диаметру оси потенциометра.

Регуляторы громкости устанавливаются против адаптеров, что очень удобно для исполнителя, причем ручки управления потенциометра должны быть выше поверхности панцыря на 6—8 *мм*. Очень эле-

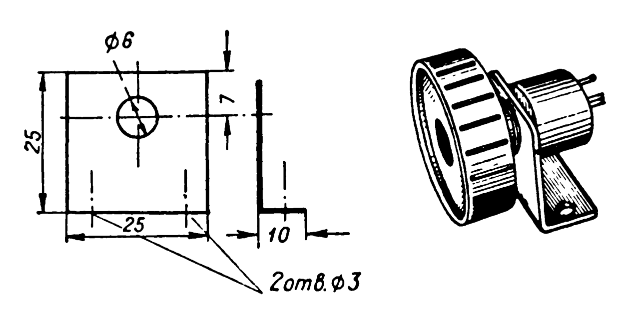


Рис. 13

гантно выглядит вертикальная установка ручек управления громкости на верхней части гитары.

Штекерное устройство, в качестве которого используется разъем от стандартного микрофонного

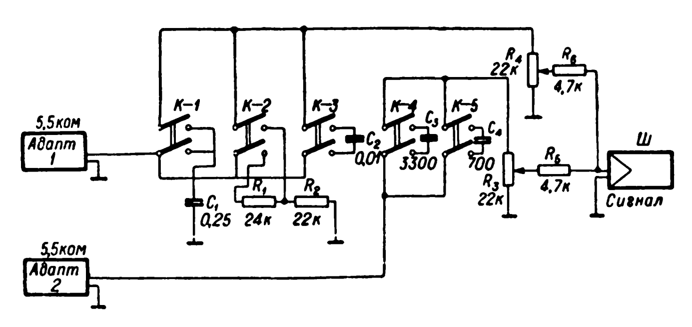


Рис. 14

входа, надежно соединит гитару с усилителем, что имеет важное значение.

Принципиальная схема представлена на рис. 14. Сигналы датчиков поступают на вход усилителя через *RC* цепи в зависимости от нажатой клавиши. При нажатии первой клавиши, подключающей цепь из ем-

кости C_1, обеспечивается завал высоких частот звукового спектра датчика № 1. Вторая клавиша осуществляет деление выходного напряжения датчика № 1 путем подключения к последнему сопротивлений R_1 и R_2.



Рис. 15

Это делается для выравнивания уровня громкости. При включении третьей клавиши производится подключение емкости C_2 последовательно со входом усилителя. Это обеспечивает завал низких частот.

Клавиши К-4 и К-5, подключающие датчик № 2 ко входу усилителя (вне зависимости от комбинации включения клавиши 1, 2 и 3 первого адаптера), включают емкости C_3 и C_4, осуществляющие завал низких частот звукоснимателя № 2. Потенциометр R_4 обеспечивает необходимый уровень сигнала на входе усилителя с датчика № 1. Резистор R_3 регулирует уровень напряжения с адаптера № 2. Так как оба потенциометра включены параллельно входу усилителя через резисторы R_5 и R_6, то они обеспечивают в широких пределах независимую регулировку и развязку каналов.

В связи с тем, что датчик № 1 расположен у конца грифа, а адаптер № 2 — у подставки, они дают на вход усилителя различные напряжения при одной и той же интенсивности колебаний струны. Этот эффект используется также при включении обоих адаптеров через различные комбинации клавишей К-1 и К-5 или К-2 и К-4 и т. д. Это расширяет возможность

подбора необходимых тембров. Инструмент в собранном виде представлен на рис. 15.

Заземление струн производят путем припаивания тонкого проводника к металлической пластинке, вделанной в нижнюю подставку. Другой конец этого проводника пропускается через подставку и корпус гитары и припаивается к общему проводу.

Декоративный панцырь гитары может быть сделан из целлулоида или из другого декоративного пластика толщиной 1,5—2,5 *мм*. К черному цвету гитары подходит красный или белый цвет; к красному цвету инструмента — черный или серый. Здесь, видимо, на первый план выступает контрастность цветовой гаммы.

Определив общие размеры панцыря, делают шаблон из картона, вырезая контур, а также все отверстия для адаптеров и ручек потенциометров. Надев шаблон на гитару и убедившись, что он сел свободно на отведенное ему место, переводят контур и вырезы на пластик. Декоративный панцырь привинчивают к верхней части гитары маленькими шурупами.

2. ЭЛЕКТРОБАС-ГИТАРА

Назначение и конструкция. Электробас-гитара предназначена для игры в ритмических группах вокально-инструментальных ансамблей, эстрадных и танцевальных оркестрах. Предлагаемый новый инструмент может заменить обычный контрабас в некоторых областях инструментальной музыки. Контрабас мало транспортабелен из-за больших размеров и веса (до 15 *кг*). Громкость звучания его ограничивается 41 *дб*, и научиться играть на нем очень сложно.

Электробас-гитара (рис. 16) имеет форму обычной гитары, на которой натянуты четыре струны. Инструмент оборудован двумя датчиками *2*, *3*, струнодержателем *4*, регуляторами громкости *1*, а также переключателями, создающими три-четыре тембра. Небольшой вес, относительная легкость обучения игре, удобство транспортировки и красивый мощный «электронный» звук способствуют широкому внедрению инструмента в трио, квартетах и ансамблях эстрадной

музыки. Изготовление инструмента имеет ряд особенностей, которые рассматриваются в настоящем разделе.

Основные части инструмента те же, что и в электрогитаре-ритм. Главное отличие заключается в повышенной прочности. Если натяжение струн (нагрузка на корпус, гриф, подставку, струнодержатель и колковую механику) составляло 70—80 *кг* в электрогитаре-ритм, то в электробас-гитаре оно доходит до 90—100 *кг*.

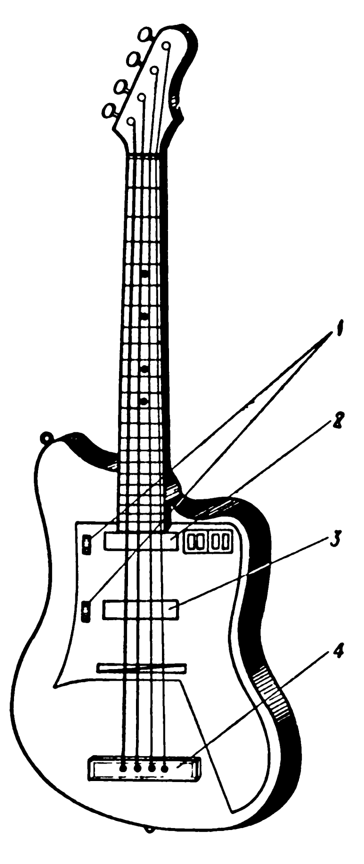


Рис. 16

Корпус — основа инструмента. Он изготавливается аналогично электрогитаре-ритм (см. рис. 2, 4, 5), хотя силуэт имеет другой. Напоминаем о необходимости сделать шаблон из картона, причем рекомендуется следующая форма корпуса (см. рис. 17).

Гриф гитары делается так же, как было описано выше, но уже других размеров: двенадцатимиллиметровая рейка длиной 530 *мм* имеет у нижнего основания ширину 50 *мм*; у верхней части — 40 *мм*.

Рабочая часть струны (мензура) у электробас-гитары, как правило, несколько больше, чем у ритм-гитары, и устанавливается длиной 760 *мм*. Отмерив от начала грифа 380 *мм*, отмечаем 12-й лад. От него необходимо вести всю дальнейшую разметку. Расчет ладов приводится в разделе электрогитары-ритм. Технология

изготовления грифа с головкой такая же, как указывалось ранее. Общий вид заготовки см. на рис. 18. Необходимо иметь в виду, что толщина грифа у 12-го лада — 28 *мм;* у головки — 26 *мм.* На корпусе гитары должны быть сделаны вырезы для адаптеров, потенциометров и двухклавишных переключателей. Места и размеры углублений указаны на шаблоне.

Разметка грифа и установка ладов производится исходя из расчета длины

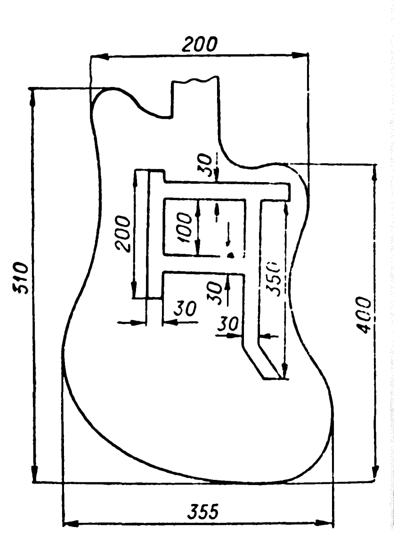


Рис. 17

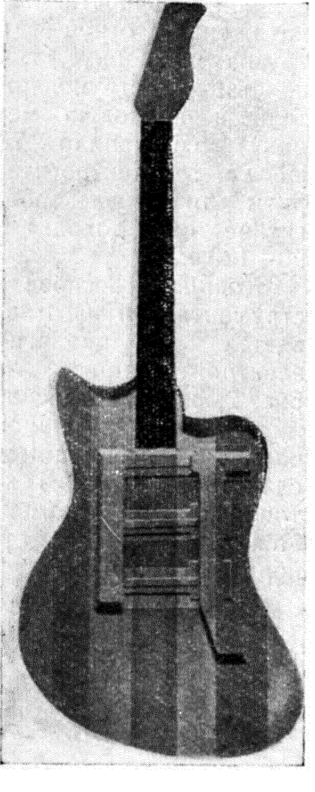


Рис. 18

мензуры. Осуществляется она арифметическим способом.

Колковая механика должна иметь повышенную прочность. Этим требованиям отвечает механика от четырехструнной домбры-бас. Их требуется две. В соответствии с расположением колков просверливаются отверстия в головке грифа. На лицевой части ее вставляются втулки по тем же размерам, что и для

ритм-гитары. Внешний вид колковой механики см. на рис. 19.

Верхний порожек изготавливается такой же конфигурации и из такого же материала, что и для ритм-гитары. Размеры же его иные: длина 40 *мм*; высота 8—9 *мм*, ширина у основания 7 *мм*, а наверху 4 *мм*.

Подставка делается из твердой породы дерева. Она такой же формы, как для электрогитары-ритм, и устанавливается на расстоянии 380 *мм* от 12-го лада. Ее размеры: длина 94 *мм*; высота 21—23 *мм*; ширина у основания 15 *мм*, ширина у вершины 10 *мм*. На верхней части подставки крепится латунный лад.

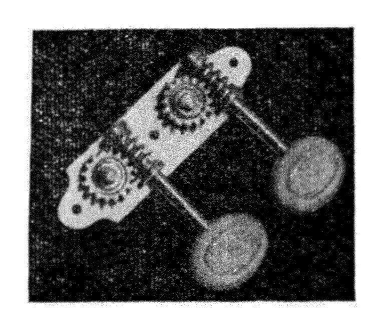
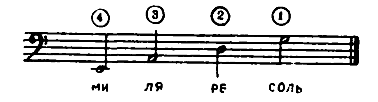


Рис. 19

Струнодержатель для электробас-гитары также должен быть повышенной прочности (материал латунь 2,5 *мм*). Предлагается следующая форма струнодержателя (см. рис. 20) и устанавливают его на расстоянии 50 *мм* от нижней подставки. Примерное расстояние между отверстиями 15,0—15,2 *мм*. Для инструмента используется 2-я струна от домбры-бас и все струны от балалайки-контрабас.

Строй электробас-гитары



Электрическая часть инструмента включает: два звукоснимателя, два двухклавишных переключателя и два регулятора громкости (потенциометра).

Переключение тембров производится с помощью двухклавишных переключателей для открытой осветительной проводки типа БУЗ 602—016 Московского завода «Динамо». Выключатель имеет небольшие размеры, бесшумен и надежен в работе, не требует

никаких переделок. Для установки его в инструмент необходимо снять керамическую коробочку. Месторасположение его удобно для исполнителя (см. рис. 16), крепится он с помощью небольших шурупов. Сдвоенные переключатели позволяют иметь четыре основных и несколько дополнительных тембров, что вполне достаточно для инструмента. Расположение тембров приведено в табл. 3.

Таблица 3

№№ п. п.	Адаптер	Переключатель	Схематическое изображение положения клавиши	Характеристика положения клавиши
1	№ 1	№ 1	1	Нажата левая клавиши
2	»	»	2	Нажата правая клавиша
3	№ 2	№ 2	3	Нажата левая клавиша
4	»	»	4	Нажата правая клавиша

Примечание. 1. По высоте звука нумерация идет слева (самый низкий) направо.
2. Тембры звучат при нажатой клавише.
3. Для выключения прежнего тембра требуется дополнительное нажатие.

Регуляторы громкости устанавливаются такой же конструкции, что и на электрогитаре-ритм. Места их расположения указаны на рис. 16.

Принципиальная схема приведена на рис. 21. При нажатии левой клавиши первого переключателя ($П_1$) включается цепь корректирующего фильтра L_1C_2 и R_2,

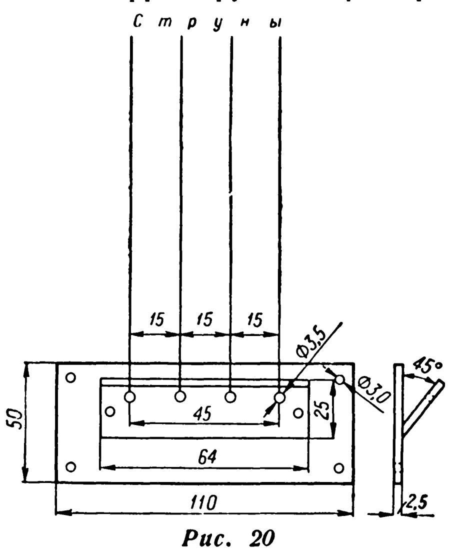


Рис. 20

что вызывает завал высоких частот. При нажатии правой клавиши переключателя № 1 происходит деление сигнала датчика в цепи R_1 и R_3 и небольшая

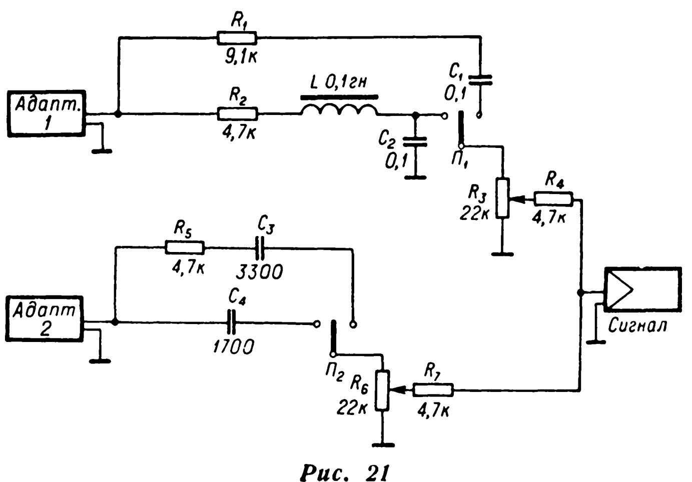


Рис. 21

корректировка частотной характеристики в области низких частот.

Второй переключатель ($П_2$) осуществляет корректировку частотной характеристики датчика № 2. Левая клавиша второго переключателя корректирует частотную характеристику путем включения в цепь емкости C_4. Потенциометр R_6 обеспечивает необходимый уровень сигнала. Правая клавиша второго переключателя корректирует частотную характеристику путем включения в цепь емкости C_3 и резистора R_5. Так как оба потенциометра включены параллельно входу усилителя через резисторы R_4 и R_7, то обеспечивается в широких пределах независимая регулировка громкости.

В схеме используется индуктивность (L), которая намотана на броневом сердечнике типа СБ-4. Она имеет 3000 витков провода ПЭВ-1, ∅ 0,06 *мм.*

Заземление струн выполняется обычным способом. Декоративный панцырь изготавливается по шаблону с учетом вырезов для датчиков и двухклавишных переключателей. После подгонки он привинчивается маленькими шурупами к гитаре.

3. ЭЛЕКТРОГИТАРА-СОЛО

Назначение и конструкция. Электрогитара-соло (рис. 22) предназначена для сольного исполнения в инструментальных ансамблях, имеет элегантный внешний вид. В конструкцию инструмента включены узлы и детали, которые отвечают самым высоким требованиям современной техники: три универсальных датчика, клавишные переключатели, 10 фиксированных тембров, механический вибратор *11*, кнопочное управление реверберетором *10*, педаль для глушения струн, а также специальная нижняя подставка для регулирования струн как по вертикали, так и по горизонтали.

Конструкция электрогитары: корпус, гриф и головка изготавливаются по обычной технологии. Силуэт корпуса и вырезы в нем показаны на рис. 23. Датчики *2*, *5*, *8*, двухклавишные переключатели *3*, *6*, *9* и регуляторы громкости *1*, *4*, *7* устанавливаются на инструменте согласно рисунку.

Механический вибратор предназначается для осуществления вибрации струн. Радиолюбители знакомы с обычным электрическим вибратором, который работает с частотой 5—15 *гц*. Такое устройство, давая определенный эффект, все же имеет существенный недостаток — однообразие, которое утомляет слушателя. Исполнитель не может изменять глубину или частоту вибрации во время игры. При применении же механического вибратора этот недостаток полностью устраняется, появляется возможность регулировать вибрацию струн как по частоте, так и по глубине. Овладеть «секретом» управления «вибратора» несложно. Он сводится к тому, что музыкант большим и указательным пальцами правой руки производит качающие движения рукоятки. При этом происходит натяжение и ослабление всех струн. В звуковом плане возникают нежные вибрирующие звуки, позволяющие получать оригинальные музыкальные нюансы.

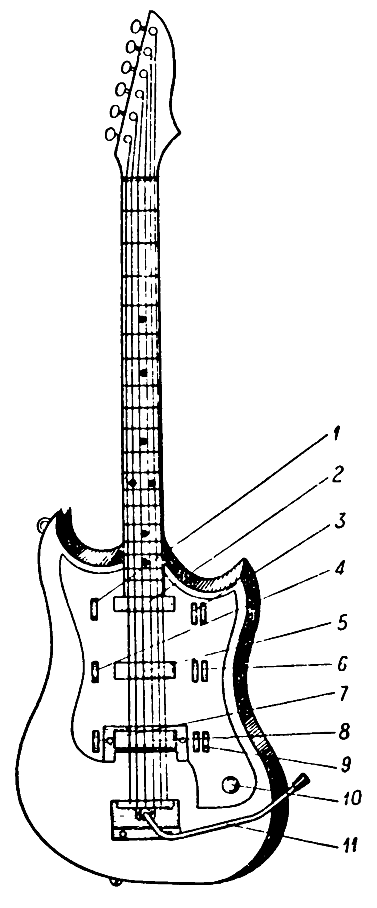
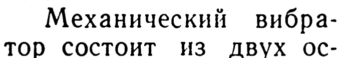


Рис. 22


Механический вибратор состоит из двух основных частей: самого вибратора и специальной подставки. Последняя имеет педаль для глушения струн. Принцип действия вибратора основан на изменении натяжения струн, которое осуществляется с помощью кинематической системы, состоящей из основания,

валика и рукоятки с возвратной пружиной (см. рис. 24).

Основание (рис. 24, *а*) изготовлено из 3-миллиметровой латунной пластины, к боковым сторонам которой привинчены два латунных кронштейна.

Валик (рис. 24, *б*) изготовлен из латуни. В нем высверливается шесть отверстий для струн. На правом конце валика фрезеруется плоскость, к которой приваривается планка согласно рис. 24, *в*. Валик устанавливается в основании. В планку, приваренную к валику, упирается пружина, которая крепится с помощью болта. Второй конец пружины упирается в основание. Пружина изготовлена из 3-миллиметровой стальной проволоки. Она имеет шесть витков с шагом 5 *мм*. Наружный диаметр пружины 16 *мм*.

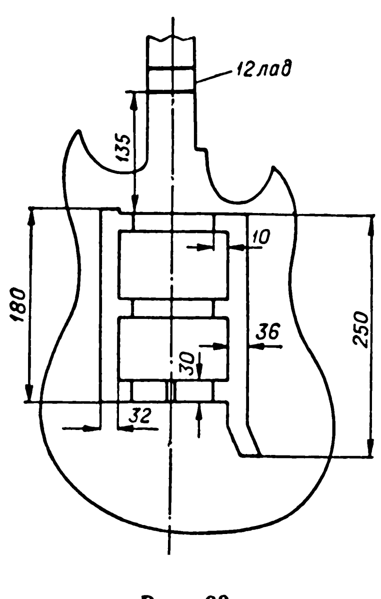


Рис. 23

Вибратор устанавливается на верхней крышке инструмента на расстоянии 70 *мм* от подставки соосно с ней и крепится четырьмя шурупами. Струны вставляются в отверстия валика, проходят через подставку и натягиваются обычной колковой механикой. Для осуществления вибрации струн к планке (рис. 24, *в*) прикреплена рукоятка вместе с пружиной, которая помогает осуществлять поворот валика. Этим создается переменное натяжение струн. Рукоятка изготавливается из Ст. 3 и хромируется (рис. 24, *г*).

Горизонтальное перемещение струн, создаваемое вибратором при установке обычной неподвижной подставки, из-за трения приводит в негодность металлическую канитель и ускоряет стирание стальных струн,

что приводит к потере строя. Для устранения этого серьезного недостатка разработана новая конструкция подставки.

Подставка. Основная идея ее заключается в том, что горизонтальное движение струн, опирающихся на

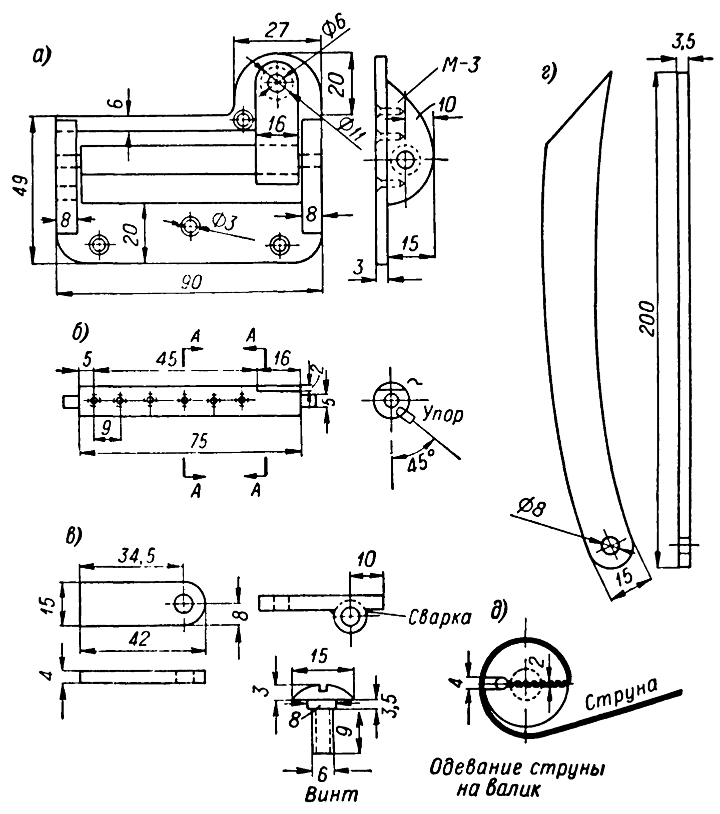


Рис. 24

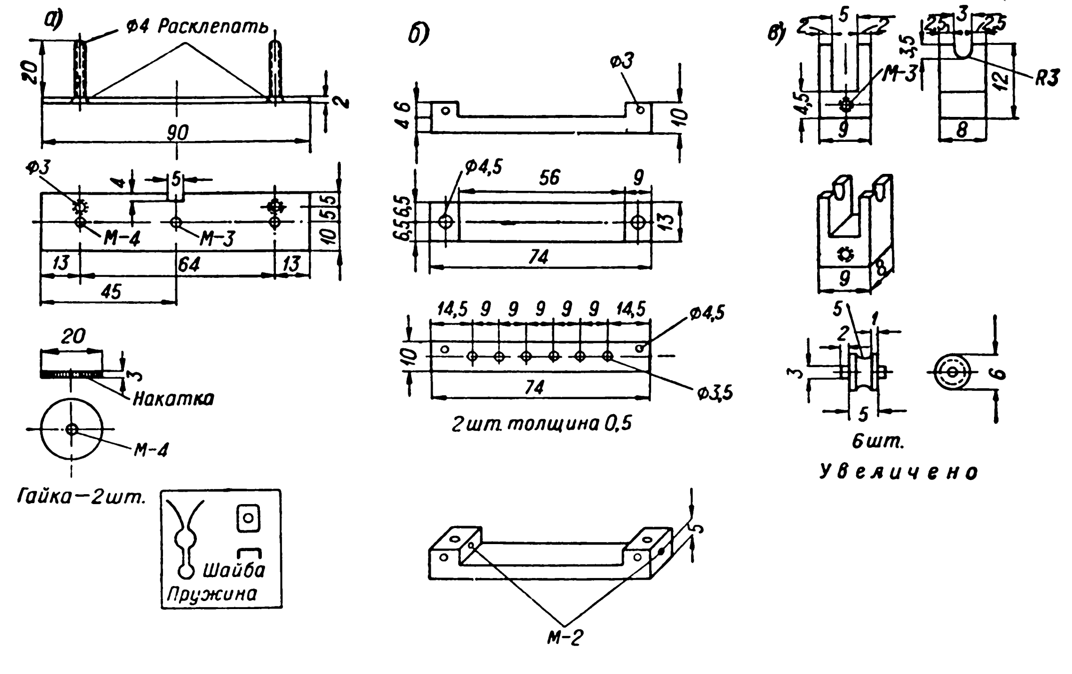
подвижные ролики, сводит к минимуму стирание канители и струн. К тому же практика показала, что струны в процессе эксплуатации изнашиваются неравномерно: одни вытягиваются сильнее, другие меньше; неравномерен также износ канители. Имеет значение качество стали, из которой изготовлены струны.

В гитаре-ритм с этим недостатком как-то мирятся, для гитары-соло, которая звучит, как правило, громче, такое нарушение строя совершенно нетерпимо. Поэтому в электрогитаре-соло предусматривается более сложная конструкция подставки, позволяющая регулировать положение струн как по горизонтали, так и по высоте. Регулировка по вертикали необходима потому, что со временем происходит деформация грифа, в результате чего струны касаются некоторых ладов.

Изложенным требованиям удовлетворяет конструкция специальной подставки (рис. 25). Она состоит из следующих деталей: нижней платы (рис. 25, *а*) основания (рис. 25, *б*) и кареток с роликами (рис. 25, *в*). Нижняя плата изготавливается из листовой Ст. 3, в которой просверливаются отверстия и нарезается резьба М4 для винтов длиной 30 *мм*. На винты с одной стороны навинчиваются круглые гайки с насечкой, с обратной стороны они расклепываются. Это устройство предназначено для перемещения подставки по вертикали. В плате просверливается отверстие и нарезается резьба для винта, который крепит пружинную защелку.

Основание изготавливается из Ст. 3. На нем устанавливаются дюралюминиевые каретки с роликами, на которые ложатся струны. Каретки перемещаются своими винтами по горизонтали, удлиняя или укорачивая мензуру для каждой струны в отдельности.

Сборка конструкции. На подставку устанавливается в ряд шесть кареток с роликами. На боковые плоскости основания винтами М2 укрепляется планка (рис. 25, *г*). В отверстие планки вставляются винты М3 длиной 15 *мм*, которые ввинчиваются в основание каретки. С другой стороны основания укрепляется вторая планка. Винт своим концом войдет в отверстие второй планки. Конец винта необходимо развальцевать. Основание устанавливается на нижнюю плату. Ее высота регулируется круглой накатанной гайкой и сверху закрепляется контргайкой. Место установки подставки с основанием на верхней крышке гитары определяется мензурой и углубляется в тело инструмента на толщину платы. Подставка сверху закрывается декоративной хромированной накладкой.



а)
Ф4 Расклепать
Ф3
М-4
М-3
Накатка
М-4
Гайка—2шт.
Шайба
Пружина
б)
Ф3
Ф4,5
Ф4,5
Ф3,5
2шт. толщина 0,5
М-2
в)
М-3
R3
6шт.
Увеличено

Рис. 25

изготовленной из листовой латуни толщиной 0,5 *мм* (см. рис. 26).

Педаль для глушения струн, создающая эффект пиццикато, изготавливается из листовой стали (Ст. 3) толщиной 1,5—2 *мм*. Внешний вид и размеры ее указаны на рис. 27. Основные требования к такому устройству сводятся к следующему: педаль должна иметь два фиксирующих положения: верхнее — когда педаль с наклеенной на нее полоской губчатой резины касается струн; нижнее — когда она не касается струн. В верхнем положении педали струны издают короткий, приглушенный острый звук; в нижнем — звучание струн обычное.

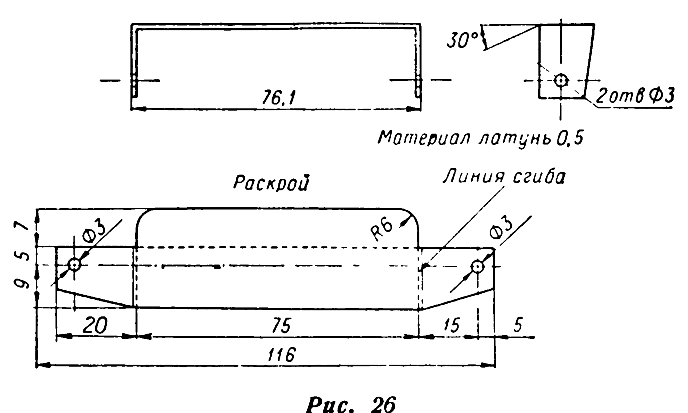


Рис. 26

Фиксирование педали в двух положениях производится с помощью пружин и штифта, укрепленного на педали.

Для фиксирования педали в верхнем положении служит ленточная пружина, устанавливаемая в канавке корпуса гитары. Одним концом пружина прикрепляется шурупами ко дну канавки. Другой конец служит опорой для штифта педали, удерживая ее в указанном положении.

Фиксация педали в нижнем положении осуществляется захватом, сделанным из стальной проволоки ∅ 1 *мм*, который закреплен в плате (рис. 28) винтом М3. Штифт, входя в захват, удерживается последним в нижнем положении.

Окончательная сборка специальной подставки и педали происходит в следующей последовательности: вначале на подставку надевается декоративная на-

Педаль

105 53 77,3 15 4 10 35 60 3 35 R5 15 8 М-3 8 15 Отогнуть вниз Ф9 2 30 R5 R5 26 10 15

Специальный винт 2шт

М-3 8 3 5 4

Увеличено

Рис. 27

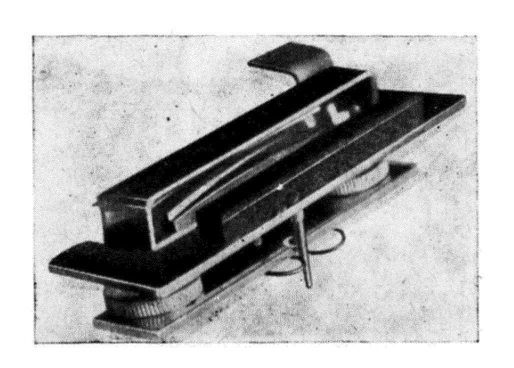


Рис. 28

кладка, затем педаль. Эти детали закрепляются на торцах подставки специальными винтами МЗ (рис. 28).

3 Заказ № 1266

Электрическая схема. Составными элементами электрической схемы инструмента являются: звукосниматели, переключатели тембров, регуляторы гром-

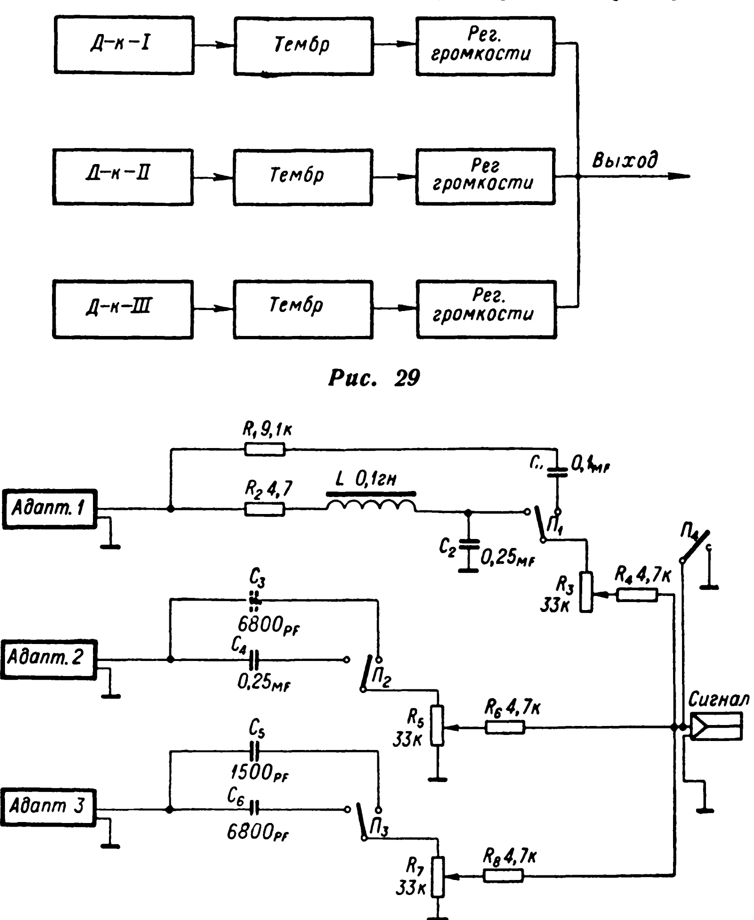


Рис. 29

Рис. 30

кости звука, кнопочное устройство для включения и выключения ревербиратора и штекерное гнездо.

Блок-схема электрогитары представлена на рис. 29. Все устройства на инструменте устанавливаются в соответствии с рис. 22.

На электрогитаре-соло устанавливается *три датчика.* Места и количество датчиков определены не случайно: гармоническим анализом тонов гитары установлено, что различные способы извлечения звуков, а также места установки датчиков (у конца грифа, вблизи подставки, любые промежуточные положения) сильно влияют на тембр. Исследования показывают, что при извлечении звука из струн у конца грифа продолжительность обертонов наибольшая. У подставки звуки показывают меньшую продолжительность и имеют более острую «металлическую» окраску. Промежуточные положения дают свой тембр. Это и учитывается при установке датчиков.



Рис. 31

Штекерный разъем для соединения электрогитары с усилительным устройством использован от стандартного микрофонного входа.

Для включения и выключения реверберационного устройства использован *кнопочный выключатель* от настольной лампы Житомирского завода электроприборов. При его установке необходимо предусмотреть, что резьба возвышалась над верхней кромкой инструмента на 5—6 *мм.* Устройство закрепляется на гитаре двумя небольшими шурупами.

Переключение тембров выполняется с помощью трех двухклавишных переключателей, описанных выше. Это позволяет иметь шесть основных тембров и

четыре дополнительных. Расположение тембров и их характеристика представлена в табл. 4.

Таблица 4

№№ п/п.	Адаптер	Переключатель	Схематическое изображение положения клавиш	Характеристика положения клавиши	Характеристика тембров
1	№ 1	№ 1	[1 |]	Нажата левая клавиша	Низкий звук, напоминающий виолончель
2	»	»	[| 2]	Нажата правая клавиша	Натуральный звук гитары
3	№ 2	№ 2	[3 |]	Нажата левая клавиша	Тембр банджо
4	»	»	[| 4]	Нажата правая клавиша	Фанфарный звук
5	№ 3	№ 3	[5 |]	Нажата левая клавиша	Высокий резкий звук
6	»	»	[| 6]	Нажата правая клавиша	Высокий свистящий звук
7	№ 1 и № 2	№ 1 и № 6	[1 |] [| 6]	Нажаты левая и правая клавиши	Глухой бочковый звук
8	№ 2 и № 3	№ 3 и № 6	[3 |] [| 6]	Нажаты левая и правая клавиши	Яркий бочковый звук
9	№ 1 и № 2	№ 2 и № 4	[| 2] [| 4]	Нажаты правые клавиши	Тембр сакса
10	№ 1 и № 3	№ 2 и № 5	[| 2] [| 5]	Нажаты правые клавиши	Тембр язычкового инструмента

Принципиальная схема инструмента видна из рис. 30, общий вид см. на рис. 31.

4. ГАВАЙСКАЯ ЭЛЕКТРОГИТАРА

Назначение и конструкция. Гавайская электрогитара является солирующим инструментом. Она может входить в состав небольших ансамблей, концертных и танцевальных оркестров. Наличие в инструменте разнообразных тембров, органного эффекта, певучего, мелодичного и вибрирующего звука выдвигает гавайскую электрогитару на одно из первых мест из числа щипковых электрических инструментов.

По своему внешнему виду и конструкции гитара резко отличается от ранее описанных электрических инструментов. В результате многолетней практики игры, а также большого количества экспериментов установлено, что наилучшей является форма инструмента, приведенная на рис. 32. На гитаре установлены датчики *1*, *2* и приборы управления динамическими *6*, *7* и тембровыми *4*, *5* оттенками. В боковой стенке корпуса вставлен тумблер *3* для переключения датчиков. На головке грифа установлены две колковые механики, рассчитанные на 7 струн. Инструмент состоит из корпуса, грифа и головки грифа, составляющих единое целое.

Корпус изготавливается из того же дерева, что и для электрогитары-ритм. Заготовка для инструмента делается из трех реек. Центральная часть должна быть длиннее, так как из нее в дальнейшем изготавливается гриф с головкой. Размеры и форма заготовки указаны на рис. 33. Сначала делается шаблон, на котором чертится контур инструмента и намечаются отверстия для адаптеров, тумблеров и потенциометров. На сделанный корпус наклеивается рейка, изготовленная из твердых пород дерева толщиной 10 *мм*, длиной 370 *мм*. Ширина у нижнего основания 60 *мм*, в верхней части — 50 *мм*. Рейка наклеивается так, чтобы широкий конец ее заходил на корпус гитары.

Головка грифа вырезается уже в подготовленной заготовке. Ее размеры определяются величиной двух колковых механик от семиструнной гитары. В два

проема входят семь колков. Отверстия для них просверливаются не сквозные. Толщина грифа у 12-го лада 30 *мм*, у головки — 28 *мм*. Размеры и форму грифа и головки см. на рис. 34.

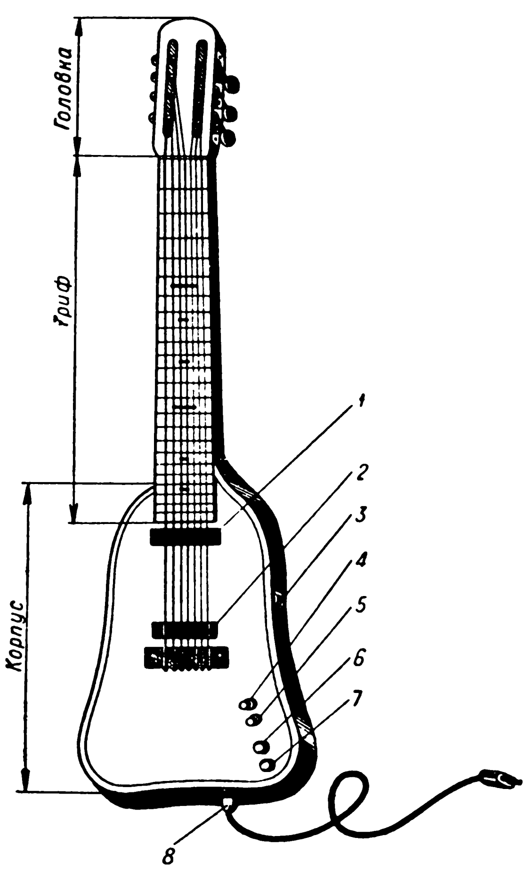


Рис. 32

Рабочая часть струны (мензура) у гавайской гитары принимается длиной 490 *мм*. Как обычно 12-й лад, от которого ведутся расчеты, делит длину мензуры на две равные части. В начале грифа устанавливается верхний порожек.

Расчет.

Рассчитать гриф при длине мензуры $L=490$.

1. Определение первого лада:

$$l_1 = \frac{L}{K} = \frac{490}{17,8} = 27,5.$$

2. Определение второго лада.

Необходимо найти $L_1 = L - l_1 = 490 - 27,5 = 462,5$.

Длина 2-го лада $l_2 = \frac{L_1}{K} = \frac{462,5}{17,8} = 25,97.$

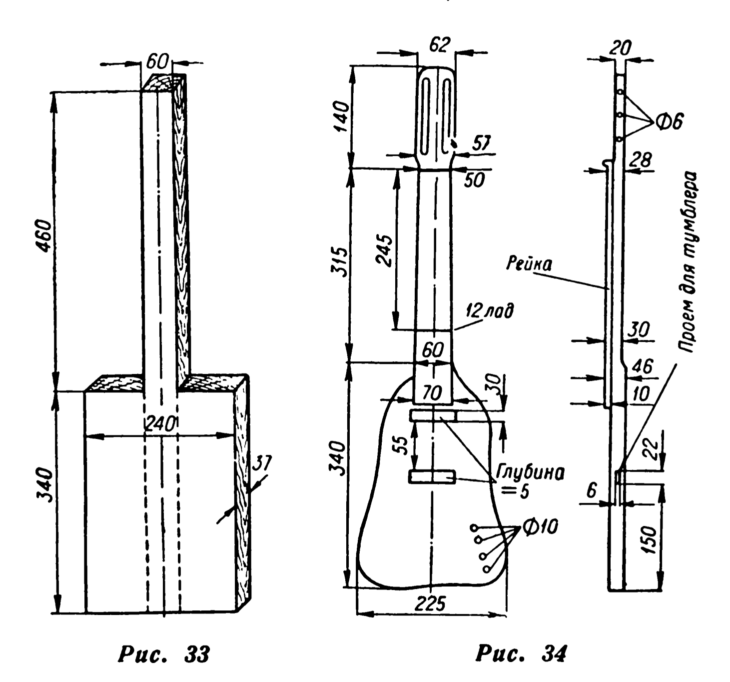


Рис. 33

Рис. 34

3. Определение третьего лада:

$$L_2 = L_1 - l_2 = 462,5 - 25,97 = 412,04.$$

Длина 3-го лада $l_3 = \frac{L_2}{K} = \frac{412,04}{17,8} = 24,5.$

Расчет последующих ладов (до 23 включительно) осуществляется аналогичным способом.

Игра на гавайской электрической гитаре коренным образом отличается от игры на обычной гитаре.

Если в последнем случае пальцы исполнителя прижимают струну к металлическому ладу, в результате чего получаем фиксированный звук, то в гавайской струна прижимается не пальцем, а металлической пластинкой, которая слегка прикасается к струне.

Лады имеют значение как ориентиры. Разметка грифа такая же, как и для гитары-ритм, но постановка ладов и их материал иные. Установка их производится следующим образом: по всей длине грифа наклеивается белый целлулоид. После просушки на нем производится разметка обычным способом. Углубления для ладов размером 1—1,5 *мм* делают ножевкой для металла. В них вставляют полоски из черного целлулоида такой же тощины, затем они заделываются с верхней поверхностью грифа заподлицо.

Одновременно с постановкой ладов вставляются дополнительные ориентиры для облегчения игры. Они имеют форму прямоугольников длиной 10 *мм,* шириной 5 *мм* и ставятся на 7, 10, 15, 17 и 21 ладах. На 5 и 12-м ладах прямоугольники имеют удлиненную форму размером 20×5 *мм*.

Верхний порожек устанавливается обычной формы, его размеры: длина 50 *мм*, ширина у основания 8—9 *мм*, у вершины 4 *мм*, высота 13 *мм*. Следует иметь в виду, что струны на инструменте находятся на расстоянии 6—7 *мм* от верхней поверхности грифа. Это делается для того, чтобы при самом сильном нажиме пластинки на струны последние ни в коем случае не касались грифа и адаптеров.

Подставка является струнодержателем. В отличие от ранее описанных гитар она неподвижна. Материалом служит латунь миллиметровой толщины. Форма и размеры ее указаны на рис. 35. Поверх подставки устанавливается декоративная накладка, изготовленная из гофрированной латуни толщиной 0,5 *мм*. Она крепится к корпусу инструмента четырьмя маленькими шурупами. Обе эти металлические детали хромируются или окрашиваются в какой-либо нейтральный цвет. Подставка закрепляется на корпусе с помощью 3 винтов М4.

Электрическая схема. Составными элементами электрической схемы являются: звукосниматели,

тумблеры для переключения тембров, переключатель адаптеров и регуляторы громкости. Принципиальное различие с ранее рассмотренными гитарами состоит в том, что все детали устанавливаются и закрепляются со стороны нижней части гитары.

Установка датчиков производится согласно рис. 34. Звукосниматели крепятся без гетинаксовых планок.

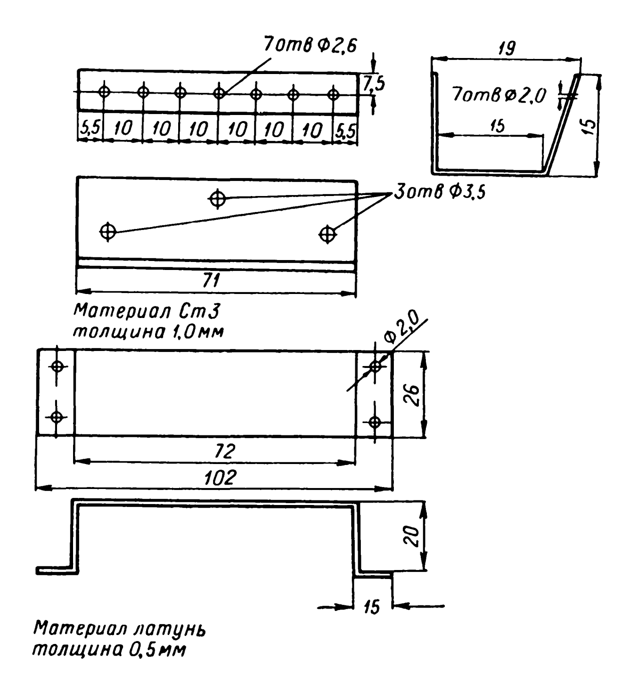


Рис. 35

Для адаптеров на верхней части корпуса делаются два углубления до 5 *мм*. Остальные — по размерам датчика. Место первого датчика у конца грифа. Расстояние его от струн должно быть не менее 2,5—3 *мм*. Звукосниматель закрепляется двумя винтами М4, для чего в корпусе инструмента просверливаются два отверстия ∅ 5 *мм*. Винты вставляются с нижней стороны гитары. Второй адаптер устанавливается на 5—7 *мм* выше подставки таким же образом. Расстоя-

ние его по вертикали до струн должно быть 0,7—1,0 *мм*.

Для крепления остальных деталей необходимо в нижней части гитары сделать выемку (рис. 36), глубина которой должна быть 30 *мм*.

В качестве переключателя тембров используется тумблер на три положения ВТ3602018.

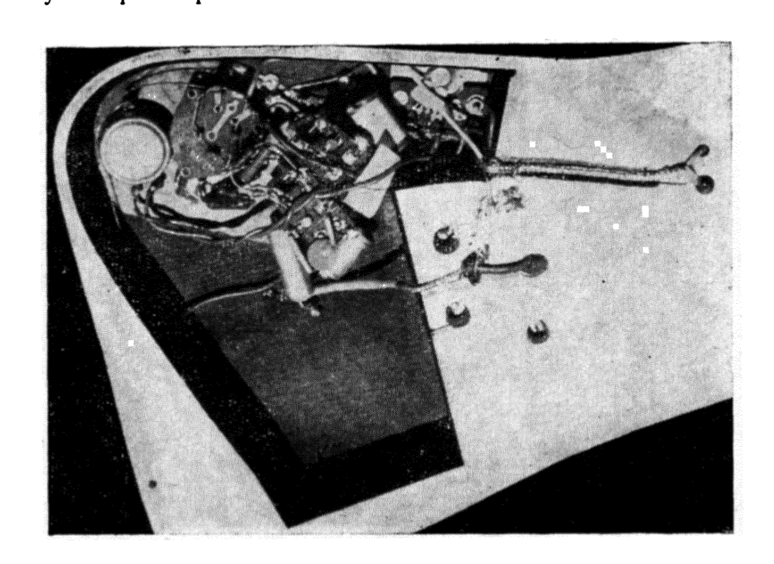


Рис. 36

При работе эти тумблеры относительно беззвучны. Переключение происходит запястьем правой руки. Перед установкой переключателей и потенциометров на дно выемки следует поставить экран из латунной фольги толщиной 0,1—0,3 *мм* по всей площади. Тумблеры вставляются с обратной стороны инструмента под углом 45° по отношению к оси и закрепляются на верхней части гитары контргайками.

Устройство тумблера при постановке нового тембра позволяет отключать прежний. Каждый переключатель позволяет включать три основных тембра и несколько дополнительных при работе обоих датчиков. Рекомендуемое расположение тембров см. в табл. 5,

Таблица 5

№№ п. п.	Адаптер	Схематическое изображение переключателя	Характеристика положения рукоятки	Характеристика тембров
1	№ 1		Крайне левое положение	Натуральный звук гитары
2	»		Центральное положение	Высокий звук
3	»		Крайне правое положение	Низкий звук, напоминающий виолончель
4	№ 2		Крайне левое положение	Звук банджо
5	»		Центральное положение	Высокий свистящий звук
6	»		Крайне правое положение	Жесткий металлический звук
7	№ 1 и № 2		Крайне правое положение тумблера № 1 и центральное положение тумблера № 2	Глухой бочковый звук
8	»		Крайне левое положение тумблера № 1 и крайне правое положение тумблера № 2	Фанфарный звук

Примечание: 1. При положении рычажка тумблера в крайне левом положении работают датчик и переключатель № 1.

2. При положении рычажка в крайне правом положении работает датчик и переключатель № 2.

3. При положении рычажка в центральном положении работают оба датчика и переключатели.

Регуляторы громкости — это потенциометры типа СПО-А 0,5 *вт* от 33 до 50 *ком*, крепятся они на гитаре обычным способом. Ручки для потенциометров лучше применять малогабаритные. Места регуляторов громкости указаны на рис. 34. Такая установка потенциометров удобна для исполнителя.

Штекерное гнездо имеет такую же конструкцию, как у гитары-ритм. Место установки в торцевой части инструмента.

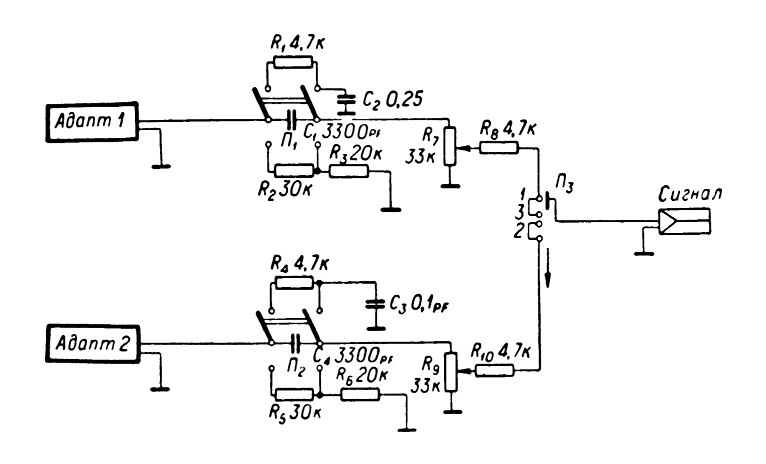


Рис. 37

Переключатель адаптеров вставляется в боковую стенку гитары, где следует сделать окошко длиной 20 *мм*, шириной 6 *мм*. Проем должен проходить по середине стенки. Для переключения адаптеров используется тумблер Д-11 от магнитофона «Днепр-11». Он небольшой по величине и позволяет включать датчики поочередно или одновременно.

Принципиальная схема представлена на рис. 37. Каждый из двух адаптеров имеет свою систему корректировки частотной характеристики, осуществляемой переключателями $П_1$ и $П_2$. С помощью переключателя $П_3$ цепи датчиков № 1 и № 2 могут быть подключены ко входу усилителя раздельно и вместе.

Переключатель $П_1$ (первое положение) осуществляет корректировку частотной характеристики в области высоких частот. Вторым положением переключателя корректируется частотная характеристика в области низких частот. В третьем положении частотная характеристика не корректируется, а осуществляется делением напряжения датчика сопротивлениями R_2 и R_3.

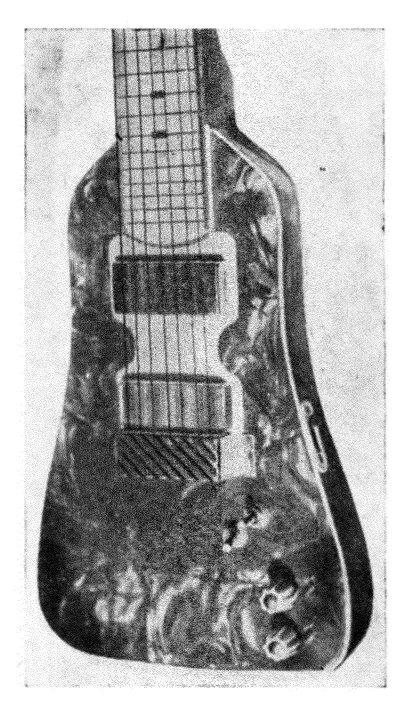


Рис. 38

Датчик № 2, расположенный у подставки и имеющий такую же цепь коррекции, лучше воспроизводит высокие частоты. Переключатель $П_3$ в среднем положении включает оба адаптера. Потенциометр R_7 обеспечивает необходимый уровень сигнала на входе усилителя с датчика № 1, резистор R_9 регулирует уровень сигнала с адаптера № 2. Так как оба потенциометра включены параллельно входу усилителя через резисторы R_8 и R_{10}, то они обеспечивают в широких пределах независимую регулировку громкости.

З а з е м л е н и е с т р у н осуществляется через проводник. Один его конец присоединяется к одному из винтов, которыми крепится подставка к корпусу гитары, другой припаивается к экрану. Д е к о р а т и в н ы й п а н ц ы р ь изготавливается из целлулоида и имеет форму, указанную на рис. 38. Задача его — обрамление адаптеров.

Нижняя сторона инструмента пока открыта, оттуда виден монтаж и все детали гитары. Для предо-

хранения от повреждения и удобства игры изготавливается крышка из тонкой фанеры или толстого картона (1,5—2 *мм* толщины). Для избежания порчи одежды крышка с наружной стороны оклеивается мягкой тканью. Эта декоративная деталь прикрепляется к гитаре маленькими шурупами. Общий вид гавайской электрогитары см. на рис. 38.

---

5. УСИЛИТЕЛЬ И АКУСТИЧЕСКИЙ АГРЕГАТ К ЭЛЕКТРОГИТАРЕ-РИТМ

Усилитель предназначен для усиления сигналов датчиков электрогитары-ритм.

Его основные данные: номинальная выходная мощность *8 в*; максимальная чувствительность на

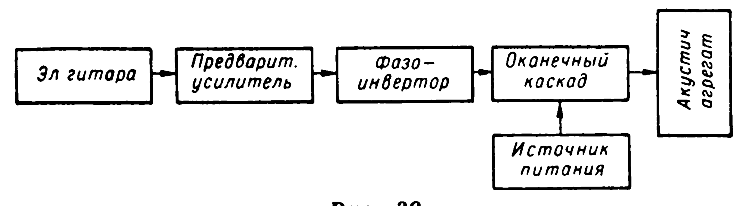


Рис. 39

входе 20—30 *мв*; полоса звуковых частот от 40 *гц* до 15 *кгц* с неравномерностью на краях диапазона ±2 *дб*; коэффициент нелинейных искажений при номинальной выходной мощности составляет от 0,5% на частоте 1000 *гц* до 1,5% на частоте 100 *гц*; динамический диапазон усилителя 60 *дб*; активное сопротивление нагрузки 8 *ом*.

Размеры акустического агрегата вместе с усилителем — 600×420×220 *мм*. Усилитель питается от сети переменного тока с частотой 50 *гц* напряжением 220, 127 и 110 *в*. Потребляемая мощность 105 *вт*. Вес всего устройства не превышает 14 *кг*. Конструктивно усилитель выполнен переносным. На рис. 39 приведена блок-схема устройства.

Принципиальная схема усилителя, показанная на рис. 40, общеизвестна, поэтому подробное описание ее не приводится. Для получения равномерной частотной

характеристики и малых нелинейных искажений в оконечном каскаде применена ультралинейная схема с глубокой отрицательной обратной связью по напряжению, охватывающей три каскада. Напряжение обратной связи снимается со вторичной обмотки выходного трансформатора и через делитель, составленный резисторами R_{23} и R_{11}, подается на катод лампы $Л_2$. В оконечном каскаде использованы лампы

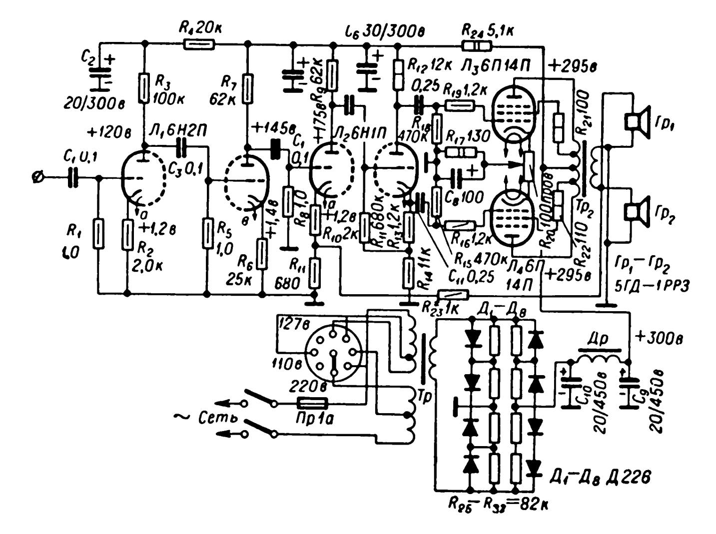


Рис. 40

типа 6П14П, имеющие большую крутизну характеристики, что позволило выполнить фазоинвертор на одном триоде по схеме с разделенной нагрузкой. Малая величина анодной и катодной нагрузки фазоинвертора гарантирует хорошую симметричность выходных напряжений при минимальных искажениях в случае больших уровней управляющих сигналов. Усилитель работает совместно с акустическим агрегатом, в котором установлены два динамических громкоговорителя 5ГД-1 от радиоприемника «Сакта» Рижского радиозавода.

Конструктивное устройство состоит из усилительного блока, блока питания и акустического агрегата.

Усилительный блок смонтирован на шасси из листового дюралюминия толщной 1,0—1,2 *мм*. Вырезанная заготовка по размерам, указанным на чертеже рис. 41, после сверловки необходимых отверстий, изгибается по пунктирным линиям. В места стыков угловых кромок вставляются дюралевые вставки квадратного сечения 8×8 *мм*, они крепятся с помощью винтов 3 *мм* к боковым стенкам шасси. В ниж-

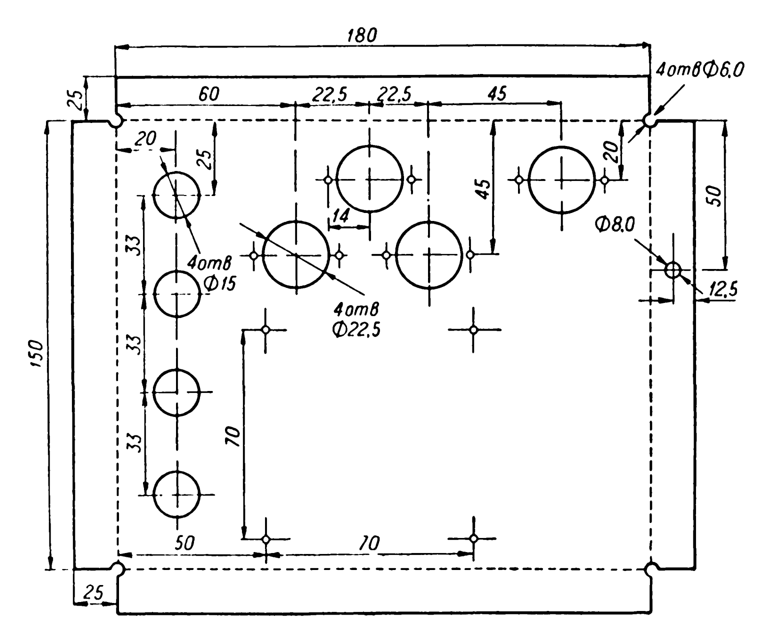


Рис. 41

нем торце вставок нарезается резьба М4 для крепления шасси к нижней стенке ящика акустического агрегата. Сверху на шасси расположены электронные лампы, выходной трансформатор и электролитические конденсаторы. Все остальные детали располагаются с внутренней стороны шасси.

Блок питания также смонтирован на шасси, разметка которого показана на рис. 42. Силовой трансформатор, дроссель и электролитические конденсаторы располагаются сверху шасси. Диоды монтиру-

ются снизу на двух планках. Гнезда включения сети, выключатель сети и сигнальная лампочка располагаются на боковой стенке шасси. Предохранители $П_1$ и $П_2$ и переключатель входят в комплект силового трансформатора от радиоприемника «Фестиваль», «Люкс», «Дружба» и располагаются непосредственно на трансформаторе.

Схема собрана из покупных радиодеталей. Выходной и силовой трансформаторы можно использовать от

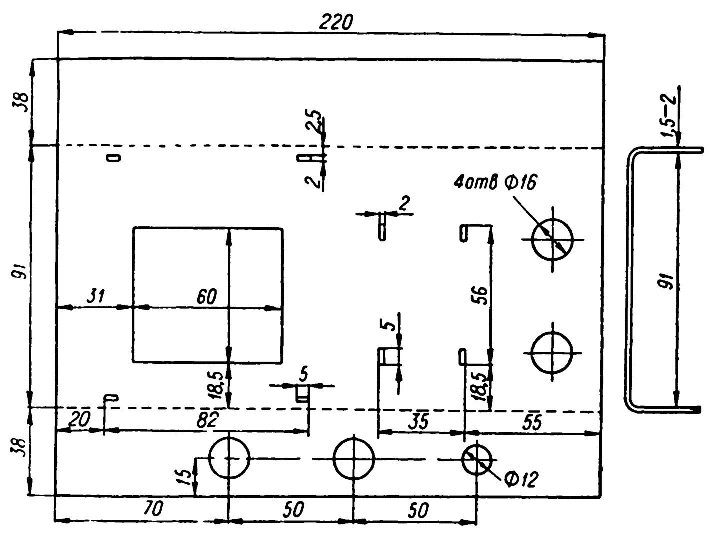


Рис. 42

радиоприемников «Фестиваль», «Люкс», «Дружба». Дроссель от телевизора «Рубин-10». Для самостоятельного их изготовления можно воспользоваться следующими данными. Силовой трансформатор Тр-1 собирается на сердечнике из пластин Ш-20 при толщине набора 45 *мм*. Сетевая обмотка содержит 2 (50+315) витков провода ПЭВ-1 ⌀ 0,38 *мм*. Повышающая обмотка имеет 700 витков провода ПЭВ-1 ⌀ 0,29 *мм*. Обмотка накала ламп выполняется проводом ПЭВ-1 ⌀ 1,0 *мм* и имеет 21 виток. Намотка может быть выполнена на каркасе или без него; провод следует укладывать виток к витку с изоляцией между

слоями тонкой конденсаторной бумагой в один слой. Между обмотками укладывается четыре слоя бумаги или 2 слоя лакоткани. Дроссель фильтра Др имеет индуктивность 4 *гн*, собирается на сердечнике УШ-16 при толщине набора 15 *мм*. Его обмотка содержит 2300 витков провода ПЭВ-1 ⌀0,25 *мм*. Выходной трансформатор усилителя собирается на сердечнике Ш-20 при толщине набора 45 *мм* и толщине пластинок 0,2 *мм*. К качеству этого изделия предъявляются жесткие требования, поэтому намотку его катушки и

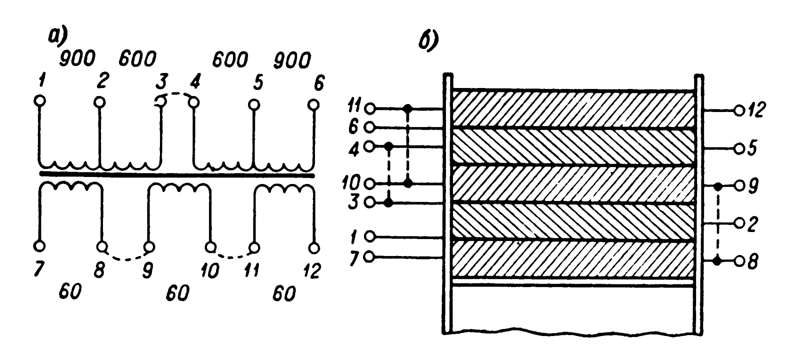


Рис. 43

сборку следует вести очень тщательно, соблюдая строгую последовательность. На рис. 43 показана принципиальная схема выходного трансформатора и расположение секций обмоток на каркасе. Намотку катушки следует производить проводом виток к витку, изолируя ряд двумя слоями тонкой конденсаторной бумаги. Между обмотками следует применить изоляцию из лакоткани, уложив ее в два слоя. Первичная обмотка 1—6 наматывается двумя секциями проводом ПЭВ-2 ⌀0,18 *мм* и содержит 3000 витков. Вторичная обмотка 7—12 наматывается тремя секциями проводом ПЭВ-2 ⌀0,8 *мм* и имеет 180 витков.

Акустическая система. Как бы ни был хорошо сделан усилитель, но если используется некачественная акустическая система, то и воспроизведение звука будет плохим. Отсюда требования, предъявляемые

к усилителю низкой частоты, должны относиться и к акустической системе, с которой он будет работать.

Музыкальные звуки — это сочетание различных по частоте и амплитуде колебаний. Тональность или высоту звука определяет самая низкая частота такого сложного колебания. Тембр звука определяется количеством обертонов и их относительными амплитудами. Данные о частотном диапазоне звучания щипковых музыкальных инструментов показаны в табл. 6.

Таблица 6

Частота в логарифмическом масштабе, *гц*	30	50	100	200	300	1000	2000	3000	4000	8000	10000	15000
Гавайская гитара												
Гитара-соло												
Гитара-ритм												
Электробас-гитара												

Сплошными черными линиями показаны диапазоны основных частот для разных музыкальных инструментов. Частотный диапазон обертонов обозначен пунктиром.

Акустическая система должна воспроизвести с достаточной степенью верности основные и обертона музыкального инструмента. Элементом, преобразующим электрические колебания в звуковые, является диффузорный громкоговоритель электродинамического типа, обладающий лучшим качеством звучания и надежностью в эксплуатации. Основными параметрами громкоговорителей являются: номинальная мощность; диапазон пропускаемых частот; неравномерность частотной характеристики; допустимые нелинейные и амплитудные искажения; резонансная частота. Знание этих параметров позволяет сравнить между собой отдельные типы громкоговорителей и определить их пригодность для акустического агрегата.

Полоса частот, воспроизводимых громкоговорителем, должна быть шире или во всяком случае не уже полосы частот, которую пропустит усилитель. Жела-

тельно, чтобы частотная характеристика громкоговорителя имела вид прямой линии. На практике частотная характеристика не прямолинейна, т. е. одни частоты воспроизводятся лучше, другие хуже. При включении двух одинаковых типов громкоговорителей суммарная частотная характеристика их будет ровнее, диапазон воспроизводимых частот будет взаимно перекрываться. При подведении к громкоговорителю напряжения переменного тока, частота которого совпадает с его собственным резонансом, катушка с диффузором будет колебаться с увеличенным размахом,

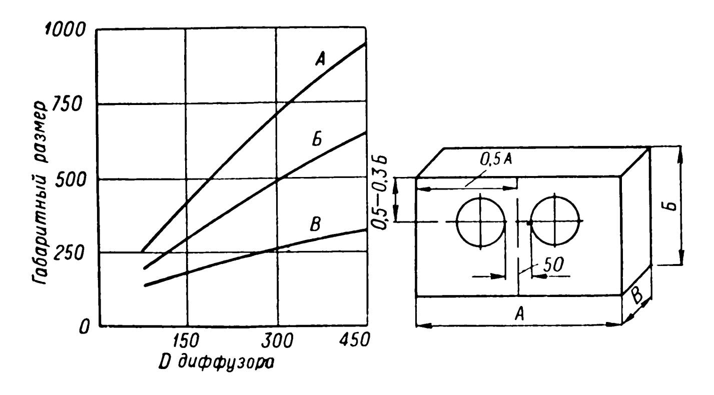


Рис. 44

создавая дополнительные амплитудные искажения. Лучшие результаты получаются, если вместо одного громкоговорителя применить два, возможно и одинаковых, но с частотами основного резонанса, различающимися на 20—30 *гц*.

Акустическая система звуковоспроизводящей установки должна состоять из нескольких громкоговорителей, расположенных рядом на фронтальной панели. При синфазной их работе вдвое увеличивается излучающая поверхность, что приводит к четырехкратному увеличению излучения звуковой энергии, тогда как потребляемая мощность возрастает в два раза. Кроме того, применение нескольких громкоговорителей, суммарная мощность которых выше номинальной выходной мощности усилителя, способ-

ствует уменьшению нелинейных искажений (номинальная мощность громкоговорителя — это мощность, при которой вносимые им нелинейные искажения не превышают заданной величины: обычно около 10% на частотах до 200 *гц* и 5—7% на частотах до 2000 *гц*).

Если подвести к громкоговорителю мощность, больше номинальной, нелинейные и амплитудные искажения становятся ощутимыми на слух. Поэтому справедливо будет соотношение: суммарная мощность громкоговорителей должна быть в 1,25—1,5 раза больше номинальной мощности усилителя. При нескольких громкоговорителях необходимо, чтобы на группу низкочастотных громкоговорителей, воспроизводящих частоты до 4000 *гц*, приходилось приблизительно 70% общей мощности агрегата. Сами громкоговорители должны быть качественными. Недопустимо наличие проколов, вмятин, разрывов на поверхности диффузора. Подвижная система должна плавно и свободно перемещаться, нигде не цепляясь за стенки магнитного зазора.

Для устранения явления интерференции звуковых волн от передней и задней сторон диффузора, особенно для нижних частот, применяют различные виды акустического оформления громкоговорителей в виде щитов, ящиков, лабиринтов и т. п. Наиболее простым видом акустического оформления громкоговорителя является деревянный щит-экран прямоугольной формы, на котором громкоговоритель расположен асимметрично. Но такой щит должен быть очень больших размеров, т. к. его размеры определяются половиной длины волны самой нижней частоты воспроизведения.

Переносные акустические агрегаты обычно оформляются в виде ящиков, что позволяет уменьшить габариты акустического экрана. Размеры их следует выбирать в зависимости от диаметра диффузора громкоговорителя при соотношениях стенок, указанных в графике рис. 44. Если в ящике устанавливается два динамических громкоговорителя, то расчет размеров ящика производится по эквивалентному диаметру диффузора: $Д_э = \sqrt{Д_1^2 + Д_2^2}$.

Для уменьшения вибраций панелей акустического агрегата и уменьшения отражений звука от внутренних поверхностей ящика применяют звукопоглощающие покрытия, представляющие собой пористый или волокнистый материалы. Чем толще покрытие, тем большее затухание получают отраженные волны. В качестве материала лучше всего применять войлок, вату, поролон. Эффективным средством снижения

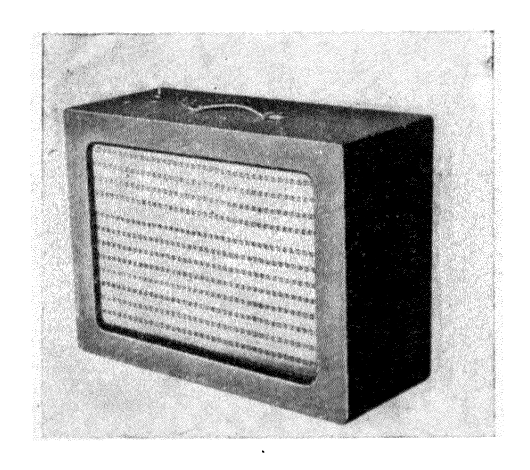


Рис. 45

вибрации ящика является также крепление громкоговорителя к панели через мягкую кольцевую прокладку, войлок, поролон. Крепежные винты также должны иметь вибропоглощающие прокладки.

Конструктивно акустический агрегат выполнен в виде ящика с размерами сторон 600×420×220 *мм* и откидывающейся во время работы задней стенкой. Общий вид показан на рис. 45. Боковые стенки ящика изготовлены из 8-миллиметровой березовой фанеры хорошего качества, углы связаны шипами. Передняя стенка ящика представляет собой точно подогнанную раму из брусков 40×25 *мм*. С боковыми стенками она связана клеем и шурупами. В углах ящика приклеены скошенные вставки (сухари), улучшающие жесткость угловых соединений. В таком виде ящик оклеивается с наружной стороны лидерином или

гарнитолью, внутри — звукопоглощающим материалом, например поролоном толщиной 8—10 *мм*.

Отражательная доска изготавливается из сухих брусков мягких пород дерева сечением 20×25 *мм*, склеенных с большой тщательностью. После высыхания доска обрабатывается с обеих сторон и оклеивается плотной бумагой для увеличения ее жесткости. Разметка отверстий под динамики производится согласно рис. 46, после чего они выпиливаются. Готовая отражательная доска подгоняется к ящику, оклеи-

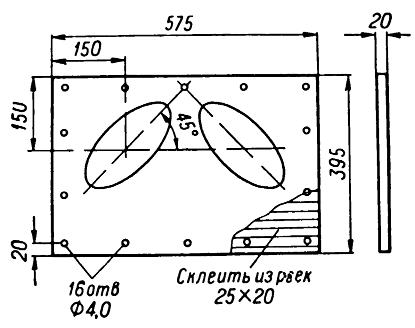


Рис. 46

вается с наружной стороны радиотканью, а с внутренней стороны — поролоном или другим звукопоглощающим материалом. Затем на ней устанавливаются динамические громкоговорители 5ГД-1 РРЗ, и доска укрепляется на свое место с помощью шурупов.

Настройка усилителя. Перед включением усилителя в сеть необходимо тщательно проверить правильность выполненного монтажа и подключить к выходу нагрузку или эквивалент ее во избежание межвиткового пробоя выходного трансформатора. Если усилитель возбудится, то необходимо поменять местами концы вторичной обмотки выходного трансформатора. Проверка режимов работы ламп усилителя производится тестером или любым измерительным прибором этого класса. Напряжения на электродах ламп не должны отличаться от указанных в схеме (рис. 40) более чем на 20%.

Затем следует отобрать для оконечного каскада одинаковые по катодному току лампы, что является

необходимым условием для получения усилителя с малыми нелинейными искажениями. Для этого при выключенном питании усилителя движок потенциометра R_{20} с помощью тестера устанавливается строго в среднее положение так, чтобы сопротивление плеч, измеренное относительно общего провода и катодов обеих ламп, были равны. Затем включают усилитель и после прогрева ламп замеряют напряжение на катодах обеих ламп относительно земли. При одинаковых показаниях прибора лампы могут считаться одинаковыми по катодному току.

Для измерения номинальной выходной мощности усилителя необходим: звуковой генератор типа ГЗ-33 или ему подобный(имеющий собственный коэффициент нелинейных искажений не выше 0,2—0,5%; ламповый вольтметр типа МВЛ-2 и резистор, по величине эквивалентный нагрузке (8 *ом*, 10 *вт*). Генератор подсоединяется ко входу испытуемого усилителя, а вольтметр — к нагрузке. Номинальная мощность измеряется на частоте $f=1000$ *гц*. Постепенно увеличивают выходное напряжение звукового генератора, одновременно измеряя величину нелинейных искажений на выходе усилителя прибором «Измеритель нелинейных искажений» типа ИНИ-12. Когда нелинейные искажения становятся максимально допустимыми, вольтметр на выходе усилителя показывает номинальное выходное напряжение. Подставляя величину полученного напряжения в формулу $P=\frac{U_2}{R_н}$ *вт*, где $R_н$ — величина эквивалентной нагрузки усилителя, определяем выходную мощность при данной величине нелинейных искажений. Величину искажений можно уменьшить подбором идентичности плеч оконечного каскада в динамическом режиме. Это осуществляется потенциометром R_{20}, регулируя который в небольших пределах, можно добиться положения, при котором искажения, все время замеряемые на выходе усилителя, становятся минимальными. В этом положении движок потенциометра фиксируется.

Измерение нелинейных искажений в любительских условиях довольно трудная задача, требующая применения сложной аппаратуры. Исследовать

визуально форму колебаний на выходе испытуемого усилителя можно, например, с помощью осциллографа или с большой точностью специальным прибором ИНИ-11 (измеритель нелинейных искажений).

Можно предложить метод измерения, дающий достаточную точность в отсчете и облегчающий настройку усилителя с помощью приставки, изготовленной самостоятельно по схеме, изображенной на рис. 47. Приставку подключают параллельно нагрузке испытуемого усилителя, на вход которого подается

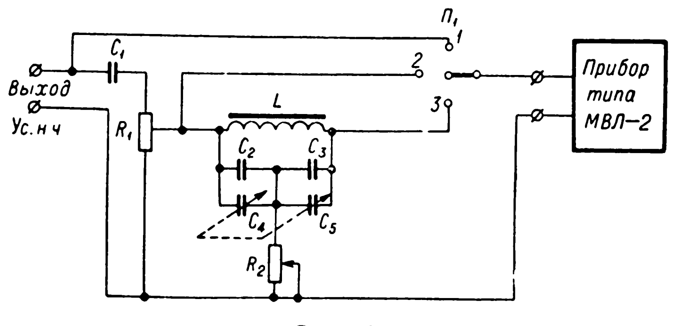


Рис. 47

напряжение от звукового генератора с частотой $f = 1000$ *гц*. На выход приставки включается ламповый вольтметр типа МВЛ-2. Первое положение переключателя $П_1$ приставки фиксирует величину выходного напряжения усилителя. При втором положении переключателя с помощью движка потенциометра R_1 устанавливают по ламповому вольтметру определенное напряжение (U_2), допустим, 1 *в*. При третьем положении переключателя $П_1$ производят настройку колебательного контура, образованного L_1, C_2 и C_3, на частоту $f = 1000$ *гц* с помощью спаренного блока переменных конденсаторов C_4 и C_5 и резистора R_2 по минимальному напряжению (U_3), которое регистрируется ламповым вольтметром. Тогда коэффициент нелинейных искажений определится из соотношения $K_г = U_3/U_2$ 100%, где U_2 — напряжение на колебательном контуре, а U_3 — напряжение дополнительных частот в сигнале, сопротивление контура для которых не равно ∞.

При самостоятельном изготовлении приставки в качестве индуктивности можно применить два балластных дросселя арматуры ламп дневного света мощностью 40 *вт* или два дросселя фильтра от телевизоров «Сигнал-2». Общая индуктивность двух дросселей составит 8—15 *гн* и внутреннее сопротивление 100—180 *ом*. Емкость конденсаторов C_2 и C_3 можно подобрать опытным путем. Настройка контура осуществляется блоком переменных конденсаторов 11—450 *pF*.

Следующая операция по настройке усилителя заключается в подборе глубины отрицательной обратной связи, которая не должна превышать 15—18 *дб*. Для этой цели необходимы приборы, участвовавшие в предыдущем измерении и включенные по той же схеме. Установив выходное напряжение звукового генератора равным 5 *мв*, производят замер величины выходного напряжения сначала без обратной связи ($U_{вых}$), разрывая ее цепь, а затем с восстановленной цепью обратной связи ($U_{о.с}$). Значение коэффициента обратной связи находят из отношения: $K_{о.с} = U_{вых}/U_{о.с}$, переводят его в децибелы. Подбор глубины обратной связи производится величиной резистора R_{23} в пределах 0,5—1,2 *ком*. После чего рекомендуется произвести проверку номинальной выходной мощности усилителя и коэффициента нелинейных искажений.

Снятие частотной характеристики усилительного тракта производится по схеме предыдущих измерений. Чтобы исключить погрешность, вносимую в измерение громкоговорителем (сопротивление звуковой катушки зависит от частоты), вместо него на выход усилителя включается резистор с эквивалентным сопротивлением 8 *ом*. Подавая на вход усилителя частоту $f = 1000$ *гц*, отмечают по вольтметру значение выходного напряжения. Оставляя неизменной величину выходного напряжения генератора, меняют его частоту в обе стороны до значений, когда коэффициент усиления становится в $\sqrt{2}$ раз меньше своего значения на частоте $f = 1000$ *гц*. По полученным данным строят частотную характеристику усилителя.

На этом настройка усилителя заканчивается. Далее следует подключить электрогитару и опробовать на слух результаты проведенной работы.

6. УСИЛИТЕЛЬ И АКУСТИЧЕСКИЙ АГРЕГАТ К ЭЛЕКТРО-БАС-ГИТАРЕ

Усилитель на транзисторах предназначен для усиления сигналов датчиков электробас-гитары.

Основные данные усилителя: номинальная выходная мощность 7—9 *вт*; максимальная чувствительность на входе 20—30 *мв*; полоса звуковых частот от 30 *гц* до 10 *кгц* (в зависимости от применяемых тран-

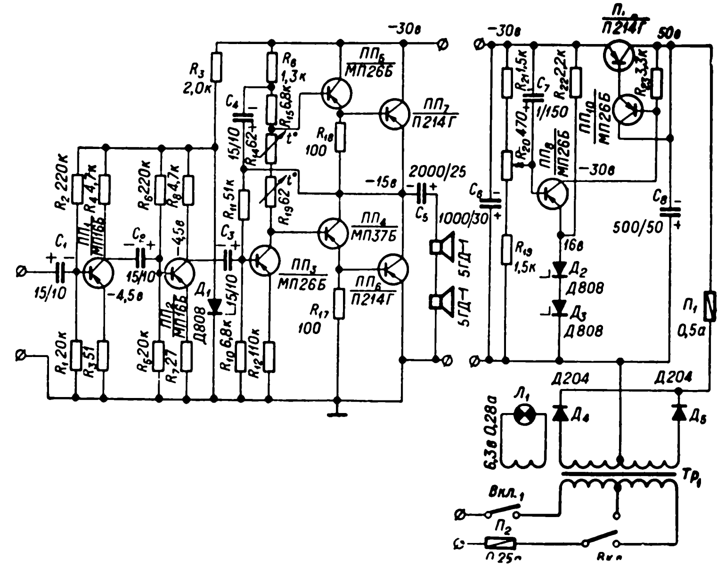


Рис. 48

зисторов в оконечном каскаде) с неравномерностью на краях диапазона ±3 *дб*; коэффициент нелинейных искажений при номинальной выходной мощности составляет от 1,6% на частоте 1000 *гц* до 3,5% на частоте 100 *гц*; динамический диапазон усилителя 60 *дб*; активное сопротивление нагрузки 4—8 *ом*.

Размеры акустического агрегата вместе с усилителем 600×420×220 *мм*. Усилитель питается от сети переменного тока с частотой 50 *гц* напряжением 220—127 *в*. Потребляемая мощность 25 *вт*. Вес всего устройства не превышает 8 *кг*. Конструктивно усилитель выполнен переносным.

Принципиальная схема усилителя показана на рис. 48. Первые два каскада усилителя собраны по схеме с общим эмиттером. Транзисторы $ПП_1$ и $ПП_2$ могут быть применены любые малой мощности с незначительными собственными шумами. Для облегчения задачи отбора радиолюбителям рекомендуем производить его косвенным методом по наименьшей величине обратного тока коллектора $I_{к_0}$. Как правило, у такого транзистора меньший уровень собственных шумов.

Резисторы R_1, R_2 и R_5, R_6 соответственно образуют делитель напряжения в базовой цепи и в сочетании с резисторами R_3 и R_7 в цепи эмиттера, не заблокированными емкостями, обеспечивают хорошую температурную стабильность каскада и входное сопротивление порядка 2—2,5 *ком*.

Напряжение питания первых двух каскадов усилителя осуществляется от общего источника питания через стабилизирующее звено, состоящее из резистора R_9 и стабилитрона диода $Д_1$, что дает устойчивую развязку предварительного и оконечного усилителя, а также улучшает фильтрацию питающего напряжения. В третьем каскаде применен транзистор МП26Б. Питание его коллекторной цепи осуществляется от полного напряжения источника питания 30 *в*. Для уменьшения нелинейных искажений каскад охвачен отрицательной обратной связью по току за счет резистора R_{12} в эмиттере транзистора, не заблокированного емкостью.

Построение схемы оконечного каскада выполнено так, что транзисторы $ПП_6$ и $ПП_7$ по постоянному току включены последовательно друг с другом и напряжение источника питания делится между ними поровну. Вместе с тем по переменному току они работают по двухтактной параллельной схеме. Каждый транзистор работает в течение одного полупериода входного сигнала. Токи в нагрузке текут в разных направлениях. Для того чтобы схема работала от одного источника питания, применен разделительный конденсатор C_5, который заряжается до напряжения источника питания и работает в один из полупериодов как источник питания. Эта схема выгодно отличается от обычной двухтактной тем, что при параллельном включении

транзисторов по переменному току общее внутреннее сопротивление каскада оказывается в четыре раза меньше. Поскольку нагрузка включена между эмиттерами транзисторов, оконечный каскад работает по схеме эмиттерного повторителя.

Перед оконечным каскадом стоит фазоинвертор, собранный на транзисторах $ПП_4$ и $ПП_5$. Применение такой схемы фазоинвертора наиболее целесообразно в сочетании с двухтактным бестрансформаторным оконечным каскадом, так как последовательное включение двух транзисторов с разным типом проводимости ($n-p-n$; $p-n-p$) даст возможность получить на выходе каскада два противофазных напряжения с высокой идентичностью. Схема фазоинвертора по существу работает как каскад с разделенными нагрузками и эквивалентна эмиттерному повторителю (имеет коэффициент усиления меньше единицы и большое входное сопротивление).

Как оконечный каскад, так и фазоинвертор работают в одном и том же режиме АВ. Непосредственная связь между каскадами имеет свои преимущества: снижение частотных искажений на низких частотах и возможность стабилизации параметров транзисторов оконечного каскада во входных цепях фазоинверторного каскада. На вход фазоинверторного каскада подается синфазный сигнал с усилителя напряжения, собранного на транзисторе $ПП_3$. Связь между этими каскадами выполнена без разделительных цепей непосредственно, так как напряжение на базах транзисторов фазоинвертора практически не отличается от напряжения на их эмиттерах и равно половине напряжения источника питания.

Получается, что три каскада выполнены с гальванической связью, при этом оказывается возможным их совместно стабилизировать по напряжению покоя (половина напряжения источника питания). Это осуществляется во входной цепи транзистора $ПП_3$ с помощью делителя и отрицательных обратных связей, которые образуются: по току за счет резистора в цепи эмиттера R_{12}, а по напряжению за счет делителя R_{10} и R_{11}, включенного параллельно нагрузке.

Отрицательная обратная связь по напряжению глубиной 15—18 *дб* выполняет три функции:

а) стабилизирует напряжение покоя оконечного и фазоинверсного каскада путем компенсации напряжения рабочей точки транзистора $ПП_3$;

б) снижает нелинейные искажения всех трех каскадов;

в) уменьшает выходное сопротивление оконечного каскада, что благоприятно сказывается на некритичность величины его нагрузки.

Применение режима работы АВ для оконечного и фазоинверсного каскадов вызвано необходимостью устранить искажения типа ступеньки. Необходимое смещение на базы фазоинвертора образуется за счет протекания тока транзистора $ПП_3$ в коллекторной нагрузке, состоящей из четырех резисторов (R_{13}, R_{14}, R_{15}, R_{16}). Увеличение температуры окружающей среды и изменение мощности рассеивания на самих транзисторах оконечного каскада (зависит от частоты сигнала) приводит к разогреву коллекторных переходов, что вызывает значительное изменение параметров транзисторов. Увеличение тока $I_{к_0}$ происходит вследствие увеличения собственной проводимости полупроводника при повышении температуры. При этом выходные характеристики транзисторов $I_к = f(U_к)$ сдвигаются в сторону увеличения коллекторного тока, что приводит к увеличению рассеиваемой мощности на транзисторе, нагреву и дальнейшему росту коллекторного тока до момента теплового пробоя транзисторов.

Для улучшения теплообмена транзисторы выходного каскада установлены на радиаторах. Компенсация роста тока $I_{к_0}$ может быть достигнута с помощью нелинейного элемента, имеющего обратную зависимость от температуры (для ограниченного интервала температур 50—60° С). Таким элементом является терморезистор ММТ $R_{13}R_{14}$. Он приклеивается к радиатору мощного транзистора и, имея с ним одинаковую температуру, обеспечит уменьшение тока покоя при разогреве транзисторов.

Выбор транзисторов для оконечного каскада определяется необходимой выходной мощностью усилителя и шириной полосы звуковых частот, подлежащих воспроизведению. Максимальная выходная мощность, которую можно получить с оконечного каскада,

зависит от двух факторов: а) выходная мощность увеличивается с ростом питающего напряжения и ограничивается, главным образом, энергетическими возможностями транзисторов; б) отдаваемая мощность увеличивается при уменьшении сопротивления оконечной нагрузки и ограничивается величиной, при которой ток оконечного каскада достигает максимального значения. Короткое замыкание нагрузки приводит к выходу из строя транзисторов оконечного каскада. Энергетические возможности транзисторов указаны в справочниках; к ним относятся: мощность рассеивания с теплоотводом и без него, предельное напряжение *p — n*-перехода, а также граничная частота усиления.

Особенностью этой схемы усилителя низкой частоты является равномерность усиления в полосе пропускания. Ухудшение усилительных свойств на высших частотах полосы компенсируется увеличением тока базы оконечного каскада. Заметное ухудшение усилительных свойств наблюдается вблизи и выше некоторой частоты f_β, на которой модуль коэффициента усиления по току $|\beta|$ в $\sqrt{2}$ раз меньше своего значения на частоте $f = 1000$ *гц* (т. е. чем меньше становится величина $|\beta|$ по абсолютной величине по сравнению со своим значением на частоте $f = 1000$ *гц*, тем больше ток базы). Увеличение тока базы на высших частотах диапазона объясняется самой физикой полупроводниковых приборов. На этих частотах в выходном каскаде происходит падение коэффициента полезного действия, мощность рассеивания быстро возрастает, запаса ее может не хватить, что и приводит к тепловому пробою транзисторов.

При выборе транзисторов оконечного каскада необходимо, чтобы граничная частота f_β превышала максимальную частоту полосы пропускания в 1,2—2 раза. В некоторых случаях допустимо применение транзисторов, у которых граничная частота усиления равна максимальной частоте полосы пропускания, так как все обертоны по амплитуде быстро затухают с ростом частоты и рассеиваемая на транзисторах мощность не достигнет своего критического значения, а частотные искажения в области высших частот, вносимые транзистором, невелики.

От тщательности подбора транзисторов оконечного каскада зависят качественные показатели усилителя. Парами можно считать транзисторы одного типа, у которых коэффициенты усиления по току β на частоте $f=1000$ *гц* не отличаются друг от друга более чем на 1—3%, а граничные частоты, на которых модуль коэффициента усиления по току $|\beta|$ в $\sqrt{2}$ раз меньше своего значения на частоте $f=1000$ *гц*, на 1—2%. Обычно это транзисторы с невысоким $\beta=30$—50. Однако при $\beta<40$ получение большой выходной мощности затруднительно. Для транзисторов, граничные частоты которых лежат далеко за пределами звукового диапазона, подбор пар осуществляется значительно проще. Достаточно, чтобы транзисторы пары не отличались друг от друга по параметру β больше, чем на 1—3%, а замеры этого параметра можно производить на постоянном токе. Для фазоинверторного каскада транзисторы тоже подбираются парами с той же точностью 1—3%, а величина параметра β может быть большей (40—80).

Выбираем для нашего усилителя частотный диапазон в пределах 30 *гц* — 5,5 *кгц*; оконечный каскад собираем на транзисторах П214Г, а фазоинверторный — на транзисторах МП26Б и МП37Б.

Питание усилителя осуществляется от сети переменного тока через выпрямительное устройство, собранное по двухполупериодной схеме. Величина напряжения на его выходе может колебаться в широких пределах, что значительно ухудшает качество работы усилителя. Основными причинами этих колебаний являются изменение напряжения на входе выпрямителя, вызываемое колебаниями нагрузки в сети, и изменение нагрузки на его выходе, обусловленное переменным значением тока нагрузки. Для исключения этих нежелательных явлений между выпрямителем и нагрузкой включается стабилизирующее устройство.

Действие стабилизатора основано на автоматическом изменении сопротивления, последовательно включенного с нагрузкой. В качестве такого сопротивления используется транзистор $ПП_9$, сопротивление которого постоянному току можно регулировать в широких пределах, изменяя потенциал базы по отношению к эмиттеру. Автоматическое изменение

потенциала базы выполняется усилителем постоянного тока, собранном на транзисторе $ПП_8$. Разность напряжений, обеспечивающая его работу, создается на делителе напряжения R_{19}; R_{20}; R_{21} и источнике эталонного напряжения диодах $Д_1$, $Д_2$.

При больших токах нагрузки ток базы транзистора $ПП_9$ может значительно превышать значение коллекторного тока транзистора $ПП_8$. Чтобы избежать этого, транзистор $ПП_9$ делается составным ($ПП_9$ и $ПП_{10}$). Стабилизатор напряжения уменьшает как быстрые, так и медленные изменения напряжения, являясь практически безынерционным. Для усиления фильтрующих свойств резистор R_{21} зашунтирован конденсатором C_7. Величина выходного напряжения стабилизатора регулируется в определенных пределах потенциометром R_{20}. Для устойчивой работы стабилизатора напряжение, подводимое к его входу от выпрямителя, должно превышать напряжение стабилизации в 1,5—2 раза. При больших колебаниях нагрузки на транзисторе $ПП_9$ рассеивается значительная мощность, поэтому он должен быть обязательно снабжен радиатором достаточных размеров.

Конструктивно устройство состоит из усилительного блока, блока питания и акустического агрегата.

Усилительный блок смонтирован на плате из стеклотекстолита толщиной 1,5—2 *мм*. Монтажная схема показана на рис. 49. В качестве штырьков, к которым крепятся детали, использованы ножки от негодных радиоламп типа 6Н8; 6Н9, обрезанные по длине на 6 *мм*. Плата с монтажом крепится винтами к корпусу, который используется одновременно как радиатор для транзисторов оконечного каскада. Основание корпуса составляет гетинаксовая панель толщиной 1,5 *мм*, к ней с помощью винтов крепятся боковые стенки. В верхней части корпуса располагаются мощные транзисторы, к которым для увеличения площади охлаждения крепятся ребра. Так как транзисторы по схеме не имеют общей точки между коллекторами, то кронштейны в верхней части электрически разъединены прокладкой из гетинакса и стянуты через изоляционные втулки винтами. На основании укреплена планка с контактами для подключения питающих, входных и выходных напряжений усилителя,

Детали показаны на рис. 50, сборка хорошо видна на общем виде рис. 51.

Блок питания смонтирован на листе дюралюминия размерами 100×60×1 *мм,* на котором располагаются силовой трансформатор и плата, на которой смонтирован стабилизатор и электролитические конденсаторы. Плата стабилизатора изготовлена из стекло-

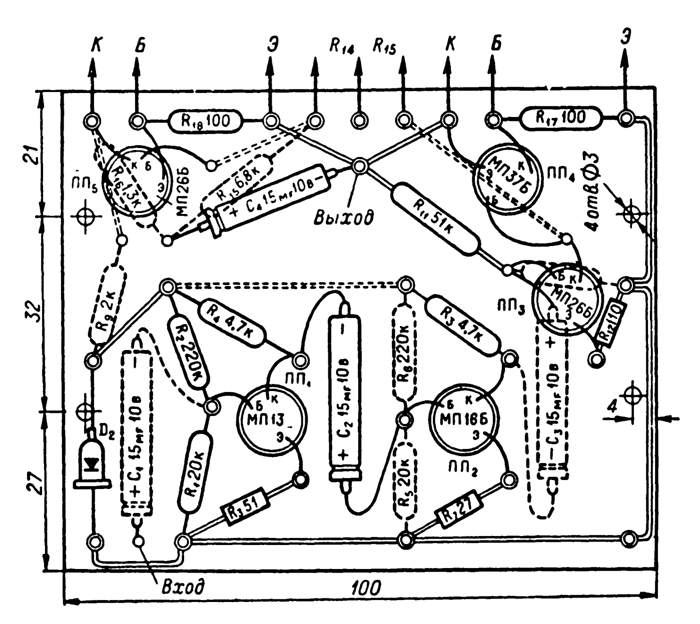
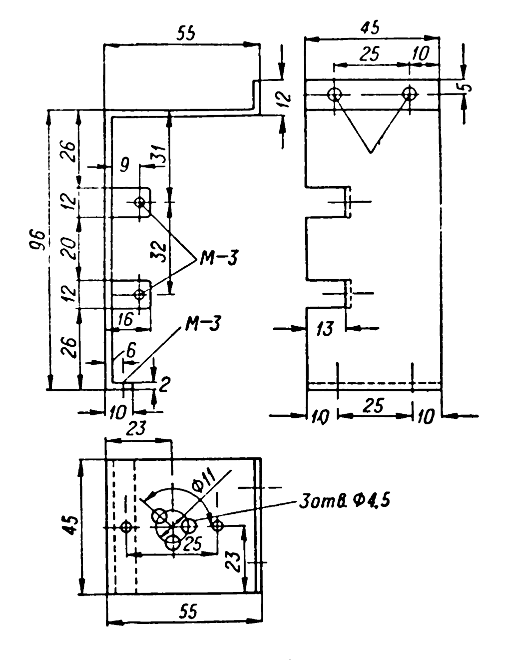


Рис. 49

текстолита по чертежу рис. 52. Монтаж навесных элементов производится аналогично плате усилителя. Радиатор мощного транзистора собирается из пластин, причем необходима хорошая подгонка пластин к корпусу транзистора, чтобы обеспечить максимальный отбор тепла.

Усилительный блок и блок питания крепятся к общей дюралюминиевой плате согласно рис. 51. При этом блоки должны быть электрически изолированы от общей платы прокладками. На общей плате укрепляется выключатель сети, предохранитель, сигнальная



Прокладка 1 шт

Материал гетинакс

Втулка 4 шт

Материал текстолит

Основание 1 шт

12 отв Φ3 с зенковкой с обратной стороны платы

Материал гетинакс 2 мм

Подкладка тех же размеров текстолит 0,5 мм

Пластины радиатора

3 отв Φ4,5 мм

3 отв. 4,5 мм

Материал D16 — 2 мм

Рис. 50

лампочка, переключатель напряжения сети и колодка включения усилителя. Затем плата укрепляется в корпусе акустического агрегата винтами.

Акустический агрегат, описанный ранее, полностью применим и к этому усилителю. Для установки блока внутри ящика укрепляется два уголка из дюралюминия 15×15×2 *мм*.

Схема собрана из покупных радиодеталей за исключением силового трансформатора, который при-

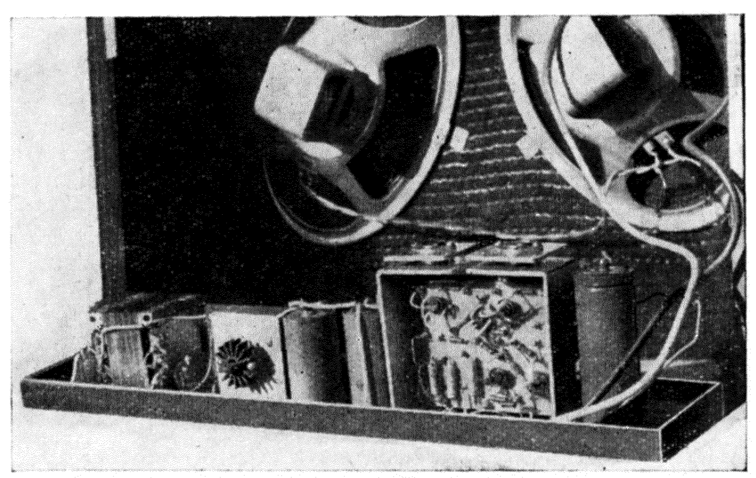


Рис. 51

ходится изготовлять самостоятельно. Силовой трансформатор Тр-1 собирается на сердечнике из пластин Ш-16 при толщине набора 32 *мм*. Сетевая обмотка содержит 850 витков провода ПЭВ-1 ∅0,33 *мм* и 620 витков провода ПЭВ-1 ∅0,23 *мм*. Вторичная обмотка имеет 2×250 витков провода ПЭВ-1 ∅0,44 *мм*. Обмотка накала сигнальной лампочки содержит 44 витка провода ПЭВ-1 ∅0,44 *мм*. Намотка может быть выполнена на каркасе или без него, провод следует укладывать виток к витку с изоляцией между слоями тонкой конденсаторной бумагой в один слой. Между обмотками укладывается два слоя лакоткани. Подбор транзисторов по параметрам β и $|\beta|$ осуществляется на изготовленном самим радиолюбителем приборе, схема которого приводится на рис. 53.

Рис. 52

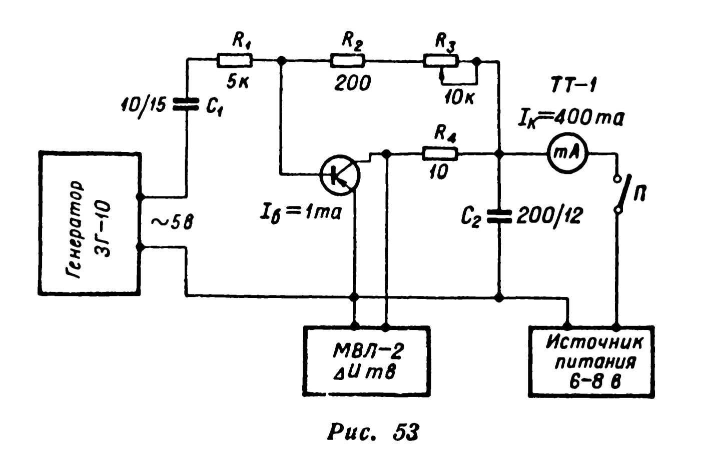

R1
5к
R2
200
R3
10к
10/15
C1
TT-1
Iк=400ma
R4
10
mA
П
Генератор
ЗГ-10
~5в
Iб=1ma
C2
200/12
МВЛ-2
ΔU mв
Источник
питания
6-8 в

Рис. 53

Резисторы прибора R_1 и R_4 желательно тщательно отобрать по номиналам, указанным в схеме, тогда коэффициент усиления по току легко рассчитать по формуле: $K = \Delta U / R_4$, где ΔU имеет размерность *млв*, а $R_4 = 10$ *ом*.

У транзисторов одного наименования снимается зависимость коэффициента усиления по току от частоты в диапазоне 1—15 *кгц* через 0,5 *кгц* (см. рис. 53). Испытуемый транзистор укрепляется на радиаторе и монтируется в схему. Затем включают источник питания и устанавливают потенциометром R_3 значение тока $I_к = 400$ *ма*. Выходное напряжение генератора при всех последующих измерениях поддерживают на уровне 5 *в*. Первое измерение производится на частоте $f = 1000$ *гц*. Коэффициент усиления по току, рассчитанный по приведенной выше формуле, будет основой для дальнейших измерений. На граничной частоте K_1 уменьшится в $\sqrt{2}$ раз по сравнению со своим значением на частоте $f = 1000$ *гц*.

В усилителе применены резисторы типа МЛТ, терморезисторы ММТ-4, электролитические конденсаторы C_5, C_6, C_8 типа К-50 C_1—C_4 и C_7 типа ЭМ (рис. 48).

Правильно выполнив монтаж, можно приступить к проверке. Для этого при вынутом предохранителе $П_1$ усилитель включается в сеть переменного тока тумблером $Вкл_1$. С помощью тестера замеряется величина напряжения выпрямителя, которое должно быть (36 ± 3) *в*. Проверка работы стабилизатора производится тем же прибором, предварительно отсоединив от усилителя питающее напряжение (—30) *в* и вставив предохранитель $П_1$ на место. При включении сети напряжение стабилизации устанавливается 30 *в* с помощью движка потенциометра R_{20}. Убедившись в хорошей работе блока питания, восстанавливают схему монтажа усилителя.

Следующая операция по симметрированию выходного каскада усилителя производится путем подбора величины резистора R_{11} так, чтобы вольтметр, подключенный к средней точке мощных транзисторов и (+) источника питания, показал половину величины питающего напряжения (—15) *в*.

Последующие операции по определению номинальной выходной мощности, величине искажений и снятию частотной характеристики усилителя производится аналогично ранее описанному. При наличии больших нелинейных искажений сигнала необходимо к нагрузке подключить осциллограф. Наличие точек или ступеньки на синусоидальном сигнале говорит о том, что величина смещения недостаточна и необходимо увеличить номинал резисторов R_{13} и R_{14} или включить последовательно с ним резистор типа УЛМ 27—91 *ом*.

7. УСИЛИТЕЛЬ И АКУСТИЧЕСКИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ЭЛЕКТРОГИТАРЫ-СОЛО

Двухканальный усилитель на транзисторах предназначен для усиления сигналов датчиков электрогитары-соло. Для расширения музыкальных возможностей инструмента в усилителе предусмотрена дополнительная окраска звука с помощью реверберации.

Основные данные: номинальная выходная мощность 2×7 *вт*, чувствительность на входе 10—20 *мв*; полоса звуковых частот от 30 *гц* до 20 *кгц* с неравномерностью на краях диапазона 3 *дб*; коэффициент нелинейных искажений при номинальной выходной мощности составляет 1% на частоте 1000 *гц* и 2,5% на частоте 100 *гц*; динамический диапазон усилителя 60 *дб*; активное сопротивление нагрузки 4—8 *ом*.

Размеры акустического агрегата вместе с усилителем (760×460×220 *мм*). Усилитель питается от сети переменного тока с частотой 50 *гц*, напряжением 220—127 *в*. Потребляемая мощность 35 *вт*. Вес всего устройства не превышает 15 *кг*. Конструктивно система выполнена переносной и состоит из двух акустических агрегатов, в одном из них вставлен усилитель.

Блок-схема усилителя показана на рис. 54, принципиальная схема — на рис. 55. Усилитель состоит из двух каналов низкой частоты, общего предварительного усилителя, реверберационного устройства с усилителем и схемы коммутации. Вся схема питается от общего стабилизированного выпрямителя. Нагрузкой являются два акустических агрегата.

Выходные каскады усилителей мощности идентичны и выполнены по бестрансформаторной схеме, рассмотренной ранее. Для расширения рабочего диапазона частот и уменьшения нелинейных искажений на высоких частотах в выходном каскаде используются высокочастотные транзисторы средней мощности П601, П602, П604, П605. Для уменьшения нелинейных искажений улучшена стабилизация напряжения в средней точке последовательно соединенных транзисторов оконечного каскада. Эта стабилизация

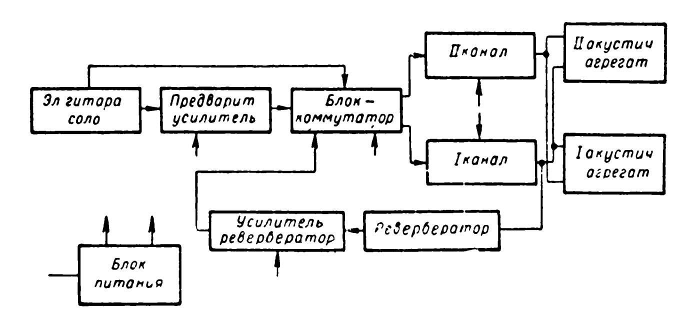


Рис. 54

осуществляется усилителем постоянного тока, выполненном на транзисторе ПП-8. Напряжение на его базе устанавливается делителем напряжения R_{43}, R_{44}, R_{45} и сравнивается с напряжением на эмиттере. Изменение напряжения на эмиттере транзистора ПП-8 приводит к изменению его коллекторного тока, а так как по постоянному току коллектор имеет общую цепь с базой транзистора ПП-3, то изменяется и коллекторный ток последнего, что возвращает схему в исходное состояние.

Предварительный двухкаскадный усилитель собран на малошумящих транзисторах, является общим для обоих каналов усилителя.

Схема коммутации предусматривает возможность переключения каналов по желанию музыканта как на параллельную работу, так и на работу с ревербератором во втором канале. Функцию эту выполняет электромагнитное реле P_1 с помощью

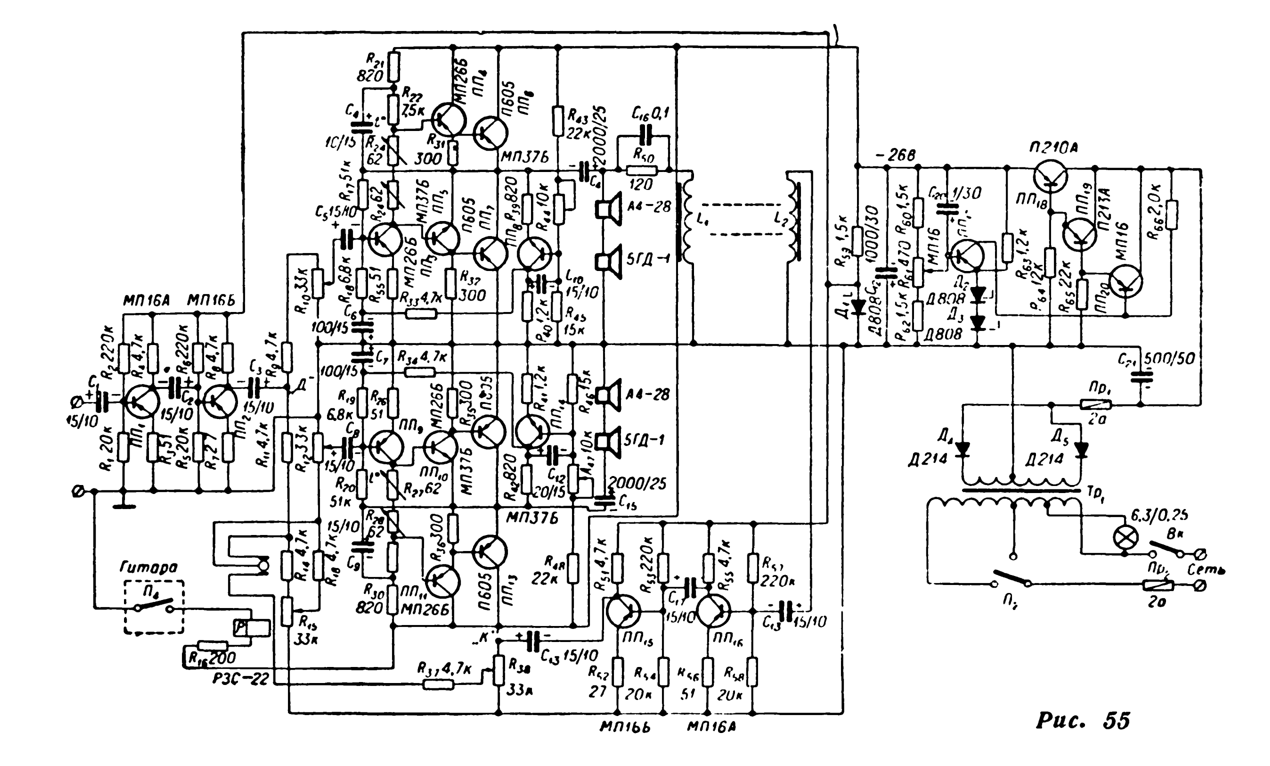

МП16А
МП16Б
Гитара
$П_4$
РЗС-22
R_{16} 200
C_1 15/10
R_2 220к
R_4 4,7к
R_6 220к
R_8 4,7к
C_2 15/10
C_3 15/10
R_9 4,7к
R_1 20к
R_3 51
R_5 20к
R_7 27
R_{11} 4,7к
R_{10} 33к
R_{12} 33к
R_{14} 4,7к
R_{18} 4,7к
R_{15} 33к
R_{21} 820
R_{22} 7,5к
C_4 10/15
R_{24} 62
R_{31} 300
МП26Б
$ПП_4$
П605
$ПП_6$
МП37Б
R_{17} 51к
R_{23} 62
C_5 15/10
МП37Б
$ПП_5$
П605
$ПП_7$
$ПП_8$
R_{39} 820
R_{44} 10к
R_{43} 22к
C_8 2000/25
C_{16} 0,1
R_{50} 120
А4-28
5ГД-1
L_1
L_2
R_{18} 6,8к
R_{25} 51
МП26Б
$ПП_3$
R_{33} 4,7к
R_{37} 300
C_{10} 15/10
R_{40} 1,2к
R_{45} 15к
C_6 100/15
C_7 100/15
R_{34} 4,7к
R_{19} 6,8к
R_{26} 51
C_8 15/10
$ПП_9$
МП26Б
R_{35} 300
П605
R_{41} 1,2к
$ПП_{14}$
R_{46} 15к
R_{47} 10к
$ПП_{10}$
МП37Б
R_{20} 51к
R_{27} 62
R_{42} 820
C_{12} 20/15
2000/25
C_{15}
МП37Б
15/10
R_{28} 62
C_9
R_{36} 300
R_{30} 820
$ПП_{11}$
МП26Б
П605
$ПП_{13}$
R_{48} 22к
К
C_{13} 15/10
R_{37} 4,7к
R_{38} 33к
R_{51} 4,7к
R_{53} 220к
C_{17} 15/10
R_{55} 4,7к
R_{57} 220к
C_{13} 15/10
$ПП_{15}$
$ПП_{16}$
R_{52} 27
R_{54} 20к
R_{56} 51
R_{58} 20к
МП16Б
МП16А
-26в
П210А
$ПП_{18}$
$ПП_{19}$
П213А
МП16
$ПП_{20}$
R_{66} 2,0к
R_{53} 1,5к
C_{22} 1000/30
R_{60} 1,5к
R_{61} 470
R_{62} 1,5к
C_{20} 1/30
МП16
R_{63} 1,2к
R_{64} 12к
R_{65} 22к
$Д_1$ Д808
$Д_2$ Д808
$Д_3$ Д808
C_{21} 500/50
$Пр_1$ 2а
$Д_4$ Д214
$Д_5$ Д214
$Тр_1$
6,3/0,25
Вк
Сеть
$П_2$
$Пр_2$ 2а

Рис. 55

переключателя, установленного на электрогитаре. Усиление обоих каналов выравнивается потенциометрами R_{10} и R_{12}.

Блок реверберации служит для придания звучанию электрогитары-соло особой звуковой окраски, искусственного эха и состоит из усилителя и линии задержки.

Линия задержки электромеханического типа выполнена в виде двух пружин, на концах которых установлены датчики магнитного типа; пружины работают на кручение. Сигнал низкой частоты, снимаемый с первого канала усилителя, через корректирующую цепочку R_{50} C_{16} подается на катушку электромагнитного датчика L_1. Создаваемое электромагнитное поле заставляет колебаться ферритовые стержни, с которыми связаны пружины линии задержки. На втором конце этих двух пружин расположен приемник механических колебаний пружин L_2, в котором наводится э. д. с. низкой частоты со сдвигом во времени на 30—50 *мсек* по сравнению с основным сигналом. Напряжение с L_2 подается на двухкаскадный усилитель, компенсирующий затухание в линии задержки. Усиленный сигнал через потенциометр R_{38}, выполняющий функции регулятора глубины реверберации, и коммутационные цепи подается на вход второго канала. Увеличение эффекта реверберации достигается введением основного не задержанного сигнала в канал реверберации через цепи, состоящие из резистора R_{14} и потенциометра R_{15}, и регулируется в пределах от 5 до 35%.

Повышенные требования к качеству усилителя вызвали необходимость увеличения стабильности источника питания и уменьшения его внутреннего сопротивления, для чего в ранее описанной схеме стабилизатора увеличено количество составных эмиттерных повторителей на одно звено.

В каждом акустическом агрегате располагаются два динамика, один типа 5ГД-1 включен на реверберационный канал, а второй типа 4А-2800 — на основной канал. При желании для усиления эффекта реверберации можно подключить между выходами оконечных блоков и третий динамический громкоговоритель, но только высокочастотный.

Конструктивно устройство состоит из двух одинаковых усилительных блоков и одного предварительного усилителя; реверберационного блока, содержащего линию задержки и усилитель; блока питания, включающего в себя стабилизирующее устройство, и двух акустических агрегатов.

Линия задержки блока реверберации имеет законченную самостоятельную конструкцию. Усилитель, собранный на плате, устанавливается в специальное гнездо основания линии и закрепляется.В таком виде блок крепится на боковой стенке акустического агрегата на четырех амортизаторах пружинного типа, для чего в углах блока сделаны специальные отверстия, к боковой стенке агрегата прикреплена резиновая планка. С целью уменьшения акустической завязки линии задержки с динамическими громкоговорителями, расположенными рядом, корпус ее желательно оклеить звукопоглощающим материалом, например поролоном толщиной 10—15 *мм.* При этом надо закрыть этим же материалом и открытую часть конструкции.

Выпрямительное устройство и стабилизатор располагается в нижней части акустического агрегата. Конструкция этого блока аналогична ранее описанной.

Акустические агрегаты в конструктивном отношении не отличаются от ранее описанных, однако их размеры увеличены и составляют 760×460×220 *мм.*

Схема собрана из покупных радиодеталей, за исключением силового трансформатора, изготовление которого необходимо выполнить самостоятельно.

Силовой трансформатор Тр-1 собирается на сердечнике из пластин ШЛ-20 при толщине набора 20 *мм.* Сетевая обмотка содержит 1000+750 витков провода ПЭВ-1 ⌀ 0,38 и 0,29 *мм.* Вторичная обмотка имеет 2×300 витков провода ПЭВ-1 ⌀ 0,65 *мм.* Третья обмотка наматывается проводом ПЭВ-1 ⌀ 0,4 *мм* и имеет 30 витков.

Намотка может быть выполнена на каркасе или без него, укладывается она виток к витку с изоляцией между слоями конденсаторной бумагой в один слой. Между обмотками укладываются два слоя лакоткани.

В этой схеме усилителя использована линия задержки блока реверберации от стереорадиолы «Минск» с ревербератором Минского радиозавода.

Настройка усилителя, как описывалось ранее, начинается с проверки правильности монтажа, работы выпрямителя и стабилизатора, затем выполняется симметрирование оконечных каскадов переменными резисторами R_{44} и R_{47}. Так как усилитель имеет два канала и схема его значительно сложнее предыдущей, то сначала проверяют отдельно работу предварительного усилителя, усилителя реверберации, а затем и оконечных каскадов обоих каналов. Убедившись в безупречной работе звеньев, можно приступить к окончательной проверке всего усилителя в целом.

Для проверки двухкаскадного предварительного усилителя и усилителя блока реверберации требуются следующие приборы: звуковой генератор ЗГ-12; ламповый вольтметр типа МВЛ-2 или осциллограф типа СИ-1. Выходной шланг звукового генератора подключается на вход предварительного усилителя, ламповый вольтметр — к его выходу (точка «Д» на рис. 55). Потенциометры R_{10} и R_{12} ставятся в левое крайнее положение, после чего включается питание усилителя. На генераторе устанавливается частота $f = 1000$ *гц*, а регулятором выходного напряжения добиваемся уровня сигнала, при котором ламповый вольтметр зарегистрирует напряжение 1 *в*. Выходное напряжение генератора является показателем чувствительности усилителя, которая должна быть не хуже 10—20 *мв*. Такое же измерение следует провести на частотах 100 *гц* и 10 *кгц*, причем чувствительность, полученная на частотах 1000 *гц*, должна остаться неизменной во всем интервале частот. Форму колебаний хорошо наблюдать на осциллографе, при этом его можно использовать и для измерения эффективного напряжения на выходе усилителя.

При проверке усилителя блока реверберации к входу усилителя вместо датчика подключается выходной шланг генератора. Место включения лампового вольтметра переносится в точку «К». Все измерения проводятся аналогично ранее изложенному

для предварительного усилителя. Чувствительность этого усилителя должна быть не хуже 20—30 *мв*.

При настройке оконечных каскадов следует выходной шланг генератора подключить к точке «Д» схемы. Движок потенциометра R_{10} ставится в среднее положение, а движок потенциометра R_{12} — в левое крайнее положение, при этом проверяется первый канал методом, описанным в предыдущих главах. Затем по аналогии настраивается второй канал. Во всех случаях при настройке динамические громкоговорители следует заменять нагрузочным сопротивлением 8 *ом* типа ПЭВ-10.

После вышеперечисленных проверок выходной шланг звукового генератора необходимо подключить к выходу усилителя, а на выход обоих каналов параллельно нагрузке включить ламповые вольтметры типа МВЛ-2 и произвести выравнивание каналов усилителя движками потенциометров R_{10} и R_{12}. Затем следует включить реверберационный канал (подать на реле P_1 питание +30 *в*, соединив с корпусом вывод *2* его обмотки) и поставить движок потенциометра R_{38} в крайнее левое положение, а с помощью движка потенциометра R_{15} установить по ламповому вольтметру, включенному на выход второго канала, напряжение, равное 25% выходного напряжения первого канала. Затем движком потенциометра R_{38} выравнять полученное на выходе второго канала напряжение до уровня первого. В этом положении все движки потенциометров закрепляются. Следует снять частотные характеристики первого и второго каналов сначала при параллельной их работе, затем при включенном канале реверберации. Сравнение даст ясную картину полосы пропускания каналов линии задержки реверберационного блока и всего усилителя в целом.

На этом заканчивается настройка усилителя. Результаты выполненной работы следует проверить, подключив гитару (рис. 31) ко входу усилителя, и проиграть мелодию, переключая каналы кнопкой $П_4$, установленной на гитаре. При акустической завязке блока реверберации следует уменьшить коэффициент усиления усилителя этого блока движком потенциометра R_{12}.

8. УСИЛИТЕЛЬ И АКУСТИЧЕСКИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ СОЛИРУЮЩЕЙ И АККОМПАНИРУЮЩЕЙ ЭЛЕКТРОГИТАР

Усилитель рассчитан для усиления сигналов датчиков двух электрогитар: гавайской электрической гитары и электрогитары-ритм.

Его основные данные: номинальная выходная мощность 45 *вт* при сопротивлении нагрузки 2,5—3 *ом*; чувствительность на входе 20—30 *мв*; полоса звуковых частот от 40 до 12 *кгц*; коэффициент нели-

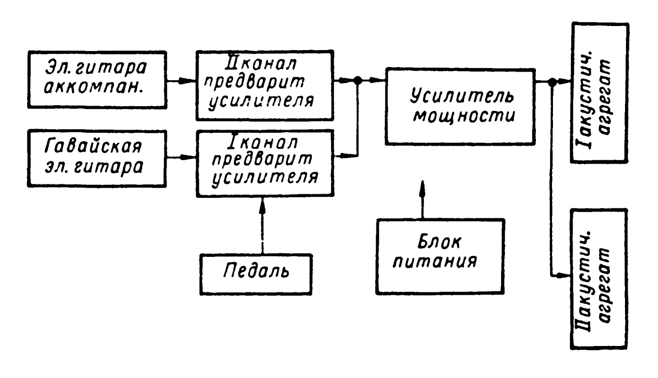


Рис. 56

нейных искажений при номинальной выходной мощности на средних частотах 0,8—1%.

Усилитель питается от сети переменного тока с частотой 50 *гц*, напряжением 264, 220, 127 и 110 *в*. Потребляемая мощность 130 *вт*. Для каждого источника сигнала предусмотрены плавные регулировки громкости и тембра. Конструктивно усилитель выполнен переносным. На рис. 56 приведена блок-схема устройства, на рис. 57 — принципиальная схема.

Так как нелинейные искажения усилителя на транзисторах в основном определяются оконечным каскадом и зависят от использования транзистора по мощности, то в оконечном каскаде стоят мощные транзисторы типа П210А; в предоконечном каскаде применены транзисторы средней мощности типа П214Г.

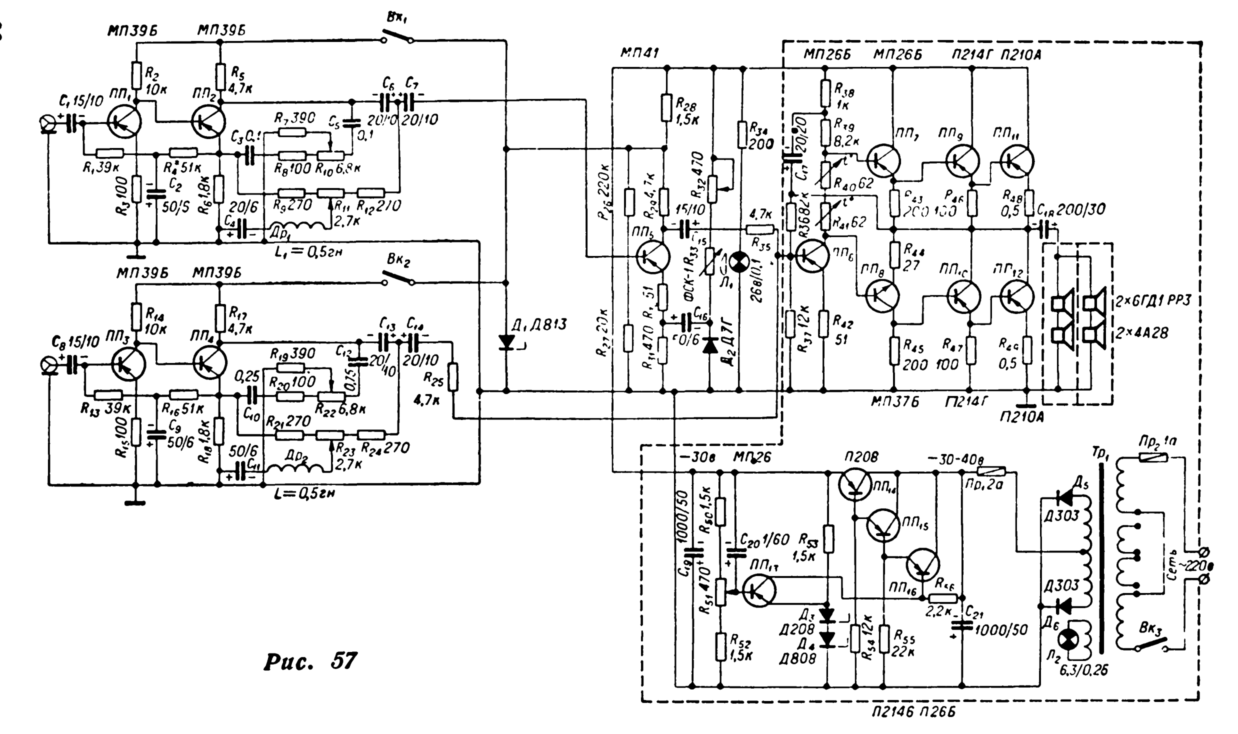

МП39Б
МП39Б
Вк1
ПП1
ПП2
R2 10к
R5 4,7к
C1 15/10
C6
C7
20/10
20/10
R7 390
C5 0,1
C3 0,1
R1 39к
R4 51к
R8 100
R10 6,8к
R3 100
C2 50/5
R6 1,8к
R9 270
R11 2,7к
R12 270
20/6
C4
Др1
L1 = 0,5гн
Вк2
МП39Б
МП39Б
R14 10к
R17 4,7к
ПП3
ПП4
C8 15/10
C13
C14
20/40
20/10
R19 390
C12
0,15
0,25
R20 100
R25 4,7к
R13 39к
R16 51к
R22 6,8к
C10
R21 270
R15 100
C9 50/6
R18 1,8к
R23 2,7к
R24 270
50/6
C11
Др2
L = 0,5гн
Д1 Д813
МП41
R28 1,5к
R34 200
R26 220к
R29 4,7к
R32 470
15/10
4,7к
R35
ПП5
C15
ФСК-1 R33
Л1
26в/0,1
R27 20к
R31 470
R30 51
C16
50/6
Д2 Д7Г
МП26Б
МП26Б
П214Г
П210А
R38 1к
R39 8,2к
C17 20/20
ПП7
ПП9
ПП11
R40 62
R43 200
R46 100
R48 0,5
C18 200/30
R36 82к
R41 62
ПП6
R44 27
ПП8
ПП10
ПП12
2×6ГД1 РРЗ
2×4А28
R37 12к
R42 51
R45 200
R47 100
R49 0,5
МП37Б
П214Г
П210А
−30в
МП26
П208
−30-40в
Пр1 2а
Пр2 1а
Тр1
ПП14
ПП15
ПП16
ПП17
C19 1000/50
R50 1,5к
C20 1/60
R53 1,5к
470
R51
R52 1,5к
Д3 Д208
Д4 Д808
R54 12к
R55 22к
R56 2,2к
C21 1000/50
Д5 Д303
Д303
Д6
Л2 6,3/0,26
Сеть ~220в
Вк3
П214Б П26Б

Рис. 57

Граничная частота мощных транзисторов типа П210 лежит в районе 4—5 *кгц*, однако при более низком статическом коэффициенте усилителя β она повышается. В описываемом усилителе подобраны пары транзисторов П210А с граничной частотой 5,4 *кгц* при статическом коэффициенте усиления β=27 и токе коллектора, равном 1 *а*. Небольшое увеличение граничной частоты работы транзисторов оконечного каскада достигается введением отрицательной обратной связи по току за счет резисторов R_{48} и R_{49} в цепях эмиттеров. Эта связь повышает и термостабильность оконечного каскада, однако при этом ухудшается использование напряжения источника питания.

Зависимость тока оконечного каскада от частоты у данного усилителя наблюдается при частоте 6,1 *кгц*, достигая двойного значения на частоте 11,7 *кгц* при чисто активной нагрузке на выходе. В случае подключения динамиков, сопротивление которых на высоких частотах носит в основном индуктивный характер, потребляемый ток практически мало меняется до частот 10—12 *кгц*.

Снятые характеристики показывают, что коэффициент нелинейных искажений на частоте 1 *кгц* при выходной мощности 35 *вт* меньше 1%. На частоте 10 *кгц* при той же мощности коэффициент нелинейных искажений не превышает 3% и резко возрастает при повышении мощности. Учитывая, что с ростом частоты быстро уменьшаются амплитуды гармоник сигнала, а следовательно, уменьшается и величина мощности, отдаваемая усилителем, составляя 0,5—0,2 величины мощности основных частот, нелинейные искажения на частотах выше 6 *кгц* не могут превзойти в худшем случае 1,5%. Выходная мощность усилителя достигает своего максимального значения при величине полезной нагрузки, равной 2,85 *ом*.

Стабилизация напряжения в средней точке последовательно соединенных транзисторов мощного каскада осуществляется транзистором $ПП_6$ за счет отрицательной обратной связи по напряжению.

Для подчеркивания тембров звучания электрогитар и придания им большей глубины в предварительных усилителях предусмотрены регулировки частот-

ных характеристик на границах полосы пропускания, которые осуществляются плавно и раздельно для высоких и низких частот. Схема регулирования тембров построена на изменении величины частотно-зависимой отрицательной обратной связи во втором каскаде усилителя. Контур, состоящий из дросселя $Др_1$ и конденсатора C_4, настроен на низкие частоты и представляет для них малое сопротивление. При верхнем положении движка потенциометра R_{11} отрицательная обратная связь в полосе прозрачности контура мала и усиление на нижних частотах увеличивается. На высоких частотах контур заменен *RC*-цепью. Положение движка потенциометра R_{10} определяет величину подъема частотной характеристики в области высоких частот полосы пропускания. Подъем частотной характеристики при введенных регуляторах тембра составляет 9—11 *дб* как для низких, так и для высоких частот полосы пропускания усилителя. В схеме предусмотрено плавное изменение громкости во время игры на инструменте, что расширяет возможности исполнителя.

Затухающее звучание струны во времени может быть компенсировано увеличением усиления усилителя, а при атаке (ударе о струну) усиление может быть уменьшено. Это позволяет изменить характер звучания щипкового инструмента, дать новую окраску звука, похожую на звучание органа, что и предопределило название «органный эффект».

Обычный потенциометр для этой цели неприемлем, так как имеет неуверенный контакт и при постоянной работе быстро изнашивается. Управлять громкостью должен сам музыкант, но руки его заняты. Учитывая это, регулятор громкости в усилителе выполнен конструктивно в виде ножной педали по не совсем обычной электрической схеме.

Управлять громкостью звучания будет величина освещенности фоторезистора, расположенного вместе с источником света в ножной педали. В каскаде, собранном на транзисторе ПП-5, коэффициент усиления изменяется за счет величины отрицательной обратной связи по переменному току, осуществляемой через конденсатор C_{16} и диод $Д_2$. Смещение на диод обеспечивает ток, протекающий через фоторе-

зистор R_{33}. Принцип действия фоторезистора основан на высвобождении под действием света носителей электрического заряда в объеме полупроводника, при этом сопротивление его уменьшается. Чувствительность фоторезистора прямо пропорциональна приложенному напряжению.

Такой делитель безотказен и прост, но имеет ряд недостатков. К ним относится необходимость применить дополнительный каскад усиления в предварительном усилителе. Сам фоторезистор при изменении освещенности имеет заметную инерционность, достигающую 0,1 *сек* в зависимости от экземпляра, кроме того, фоторезистор шумит, поэтому его место в схеме определено после предварительного усилителя.

При желании радиолюбитель может использовать эту схему для введения в канал амплитудной модуляции путем питания источника света переменным током с частотой 5—10 *гц*, так называемый эффект «Вибрато».

Конструктивно устройство состоит из оконечного усилительного блока и блока питания, смонтированного на одном шасси, пульта управления и двух акустических агрегатов.

Блок питания и оконечное усилительное устройство смонтировано на общем дюралюминиевом основании — шасси размером 550×180×160 *мм*, которое закрепляется в одном из акустических агрегатов. На боковой плоскости шасси располагаются: гнезда включения сети, сигнальная лампочка, включатель сети, предохранитель на 2 *а*, два разъема для включения пульта управления и второй акустической колонки. На верхней плоскости шасси располагаются радиаторы охлаждения транзисторов. Радиатором мощного транзистора служит дюралюминиевая пластинка размером 90×62 *мм*, толщиной 6 *мм*, которая укрепляется плоскостью к шасси через изоляционную прокладку (второпласт) толщиной 0,05 *мм*, тем самым увеличивается площадь охлаждения радиатора. Радиаторы транзисторов предоконечного каскада имеют размер 50×36×6 *мм* и укрепляются к шасси аналогично. В подвале шасси располагаются силовой трансформатор Тр-1, электролитические конденсаторы фильтра, изолированные от шасси,

плата с монтажом стабилизатора и плата с усилительными каскадами.

Пульт управления, в котором располагаются оба предварительных усилителя и все регулировки, соединяется с усилительным блоком четырехжильным

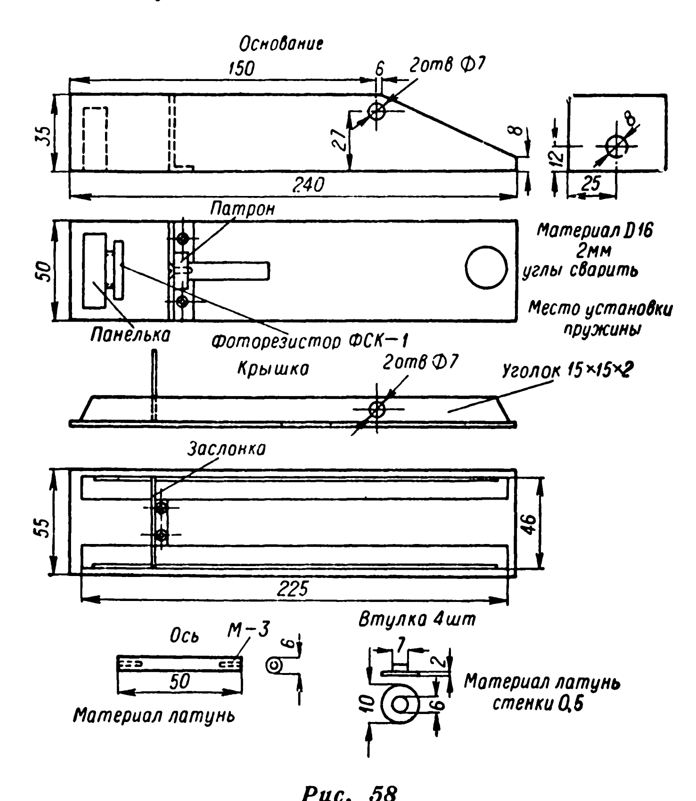


Рис. 58

экранированным кабелем нужной длины и представляет собой металлическую плоскую коробку размером 200×140×40 *мм.* Материал — алюминий для нижней ее части толщиной 0,8 *мм*, для верхней панели — 2 *мм.* Скрепляются они между собой невыпадающими винтами, расположенными по углам панели. На лицевую часть панели выведены все ручки управления и выключатель питания каналов

усилителей. Входные и выходные шланги подключаются к пульту посредством разъемов, размещенных на торцах коробки. Платы с монтажом усилителей укрепляются с обратной стороны лицевой панели.

Педальное устройство представляет собой коробку с верхней подвижной крышкой, изготовленной из дюралюминия (рис. 58). Фоторезистор и источник света располагаются внутри коробки друг против друга неподвижно. Заслонка укрепляется к подвижной крышке, изготовлена из прозрачного материала и окрашена тремя поперечными полосами разной прозрачности. Внутри вся коробка окрашивается черной краской.

Акустическая система располагается в двух агрегатах в виде вертикальных тумб. Размеры тумбы $1000 \times 600 \times 260$ *мм*. В каждой располагается четыре динамических громкоговорителя: два шестиваттных типа 4А-28 и два пятиваттных типа 5ГД-1-РРЗ. В одной тумбе закрепляется усилительный блок, в другой для переноски закрепляется пульт управления и соединительные кабели.

Схема собрана из покупных радиодеталей. Силовой трансформатор использован от телевизора «Рекорд-12», «Вечер» или «Воронеж», вторичная обмотка которого перемотана проводом ПЭВ1 $\varnothing$ 1 *мм* и содержит 2×85 витков. При самостоятельном изготовлении трансформатора можно воспользоваться следующими данными: сердечник набирается из пластин УШ-30 при толщине набора 45 *мм*. Первичная обмотка содержит $2(265+41)$ витков провода ПЭВ1 $\varnothing$ 0,64 *мм*, вторичная обмотка содержит 2×85 витков провода ПЭВ1 $\varnothing$ 1 *мм*. Третья обмотка, обеспечивающая питание сигнальной лампочки, содержит 18 витков провода ПЭВ1 $\varnothing$ 0,44 *мм*. При намотке каждый ряд изолируется прокладкой из телефонной бумаги. Между обмотками укладывается два ряда лакошелка. Дроссель для регулятора тембра намотан на сердечнике типа СБ-4*а* при числе витков 3200 проводом ПЭЛ $\varnothing$ 0,08. Индуктивность дросселя $L \simeq 500$ *мгн*.

9. НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИГРЫ НА ГАВАЙСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ГИТАРЕ (СОВЕТЫ МОЛОДЫМ ИСПОЛНИТЕЛЯМ)

Итак, инструмент сделан. Возникает вопрос, как овладеть техникой игры, как использовать возможности гитары, ибо без этого становится бессмысленной вся проделанная работа. Используя многолетний опыт, предлагаем читателю элементарные советы, как овладеть техникой игры на гавайской электрической гитаре.

Гавайская гитара — щипковый музыкальный инструмент. При игре на гитаре звук извлекается с помощью медиатора и стальной пластинки, накладываемой на струны вместо пальцев, благодаря этому он становится длительным и приобретает оригинальную окраску.

На гавайской электрической гитаре играть не сложно. Чтобы овладеть искусством исполнения, необходимо не только хорошо знать инструмент, но также освоить технические приемы игры, которые значительно отличаются от приемов игры на обыкновенной электрической гитаре. Если для обучения игре на обычной гитаре в продаже есть школы, самоучители и другие методические пособия, то для гавайской гитары таких учебников пока нет. Данный раздел поможет желающим овладеть основами игры на инструменте.

Струны от обычной семиструнной гитары можно использовать для гавайской гитары, но только после специальной обработки — шлифовки. Необходимость шлифовки струн, особенно витых, вызывается тем, что металлическая канитель, обвивающая стальной керн, создает неравномерную (волнообразную) поверхность, которая у обычной гитары не имеет зна-

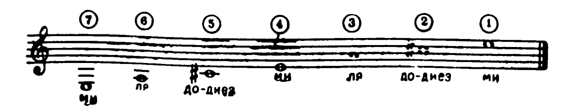
чения. В гавайской же гитаре эта шероховатость нежелательна, ибо стальная пластинка, двигаясь по неровной поверхности, извлекает неприятный звук. Шлифовка производится следующим образом: струны зачищаются «бархатной» шкуркой или шкуркой нулевых размеров (без сильного нажима на них). После чего с помощью тампона, смазанного пастой «Гойя», они полируются. Процесс шлифовки заканчивается тщательным протиранием бархаткой или суконкой. Для поддержания хорошего состояния в дальнейшем струны натирают замшей, пропитанной туалетным мылом, перед игрой же их следует протирать насухо.

В дальнейшем в тексте и в приводимых схемах струны обозначаются арабскими цифрами в кружках.

Настройка гитары различается по количеству струн и строю. Наиболее типичными являются инструменты на 6, 7 и 8 струн. Поскольку самой распространенной является семиструнная гитара, ниже описан способ ее настройки. Строй гитары — *ми, до-диез, ля, ми, до-диез, ля, ми.*

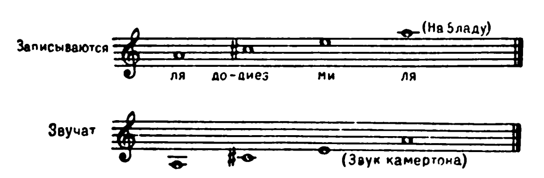
Первая струна (самая тонкая) — *ми* первой октавы. Вторая — *до-диез,* прижатая на 3-м ладу, звучит одинаковой с первой (открытой) струной, т. е. как звук *ми* (в унисон). Третья струна — *ля*, прижатая на 4-м ладу, звучит в унисон со второй (открытой) струной. Четвертая струна — *ми* малой октавы, настраивается на октаву ниже, чем первая струна *ми.* Пятая струна — *до-диез* малой октавы, настраивается на октаву ниже, чем вторая струна — *до-диез.* Шестая струна — *ля* большой октавы, настраивается на октаву ниже, чем третья струна *ля.* Седьмая струна— *ми* большой октавы, настраивается на октаву ниже, чем четвертая струна—*ми.*

Необходимо обращать особое внимание на правильность и чистоту настройки, так как иначе инструмент будет фальшивить. На открытых струнах настроенная гитара издает следующий ряд звуков.



Настройка производится при помощи камертона. Первую струну можно также настроить по звуку пианино, баяна или аккордеона. После настройки чистоту строя гитары следует проверить по звучанию октав открытых струн.

Следует иметь в виду, что звуки гитары пишутся на нотоносце октавой выше их действительного звучания. Это делается для удобства записи, чтобы весь звукоряд поместился на одном нотоносце.



Посадка исполнителя. С самого начала обучения игры необходимо усвоить положение корпуса исполнителя при игре. На гитаре играют сидя. Для устойчивости инструмента левая нога каблуком опирается в ножку стула, носком касается пола; правая нога упирается в пол всей ступней. Ноги несколько расставлены.

Положение инструмента. Гитара кладется на колени; корпус ее слегка прижат к животу; гриф и головка гитары немного выше корпуса инструмента. Во время игры исполнитель должен сидеть свободно, не слишком наклоняясь вперед.

Постановка рук исполнителя. На гавайской гитаре играют с помощью стальной пластинки, которую держат в левой руке, и медиатора в правой.

Правая рука ниже локтевого сгиба опирается на широкую часть корпуса инструмента. Кисть руки с полусогнутыми пальцами лежит над подставкой, опираясь полусогнутым мизинцем на верхнюю деку около расширенной части корпуса. Звук извлекается правой рукой с помощью медиатора. Медиатор — особая пластинка прямоугольной формы с овальными углами, изготовленная из пластмассы или черепахи. Медиатор должен быть жестким. Во избежание шороха при игре, а также и для более легкого скольжения по струнам у медиатора в нижней части правые края с обеих сторон стачиваются — делаются

«фаски». Держат медиатор между первым и вторым суставом согнутого указательного пальца и подушечкой концевого сустава большого пальца правой руки так, чтобы снаружи выступал нижний его край, но не более чем на 0,5 *см* (рис. 59). Остальные пальцы правой руки слегка подгибаются к ладони, но не прижаты к ней. Кисть руки, не касаясь подставки, свободно движется над струнами. Медиатор ударяет по струнам между двумя датчиками, причем удары вниз и вверх должны быть одинаковые по силе.

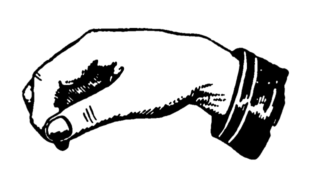


Рис. 59

Во время игры кисть правой руки не должна напрягаться. Обычно звук извлекается между адаптерами, но для перемены окраски (тембра) можно ударять по струнам у окончания грифа (мягкий звук — медиатор ударяет по струне сверху вниз) и ближе ко второму датчику (жесткий металлический звук — медиатор ударяет снизу вверх). При ударах медиатор должен касаться струн своими фасками. Для извлечения более громкого звука медиатор следует сильнее сжимать и опускать глубже в струны. При тихом звуке (пальцы ослаблены) медиатор касается струны только самым концом.

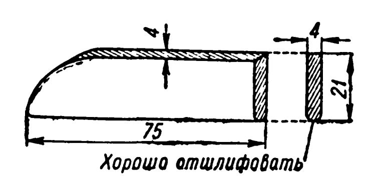


Рис. 60

Левая рука находится в свободном положении. В пальцах зажата стальная пластинка, которая скользит по струнам с легким нажимом, касаясь их своим полукруглым отшлифованным ребром. Она изготавливается из специальной стали или из плоского напильника, не снимая насечки. Нижняя часть пластинки имеет овальную форму. Овал ее необходимо тщательно отшлифовать. Размеры пластинки и ее форма указаны на рис. 60. Пластинка поддерживается большим пальцем с одной стороны и крайней фалангой среднего пальца. Фаланга указательного

пальца касается части ребра пластинки сверху. Вырез в задней части пластинки упирается в межпальцевое расстояние четвертого и пятого пальцев. Они также выполняют функции глушения ненужных звуков. Пластинка держится пальцами легко и эластично. Она может принимать различные положения в зависимости от того, сколько струн надо прижать. Движение пластинки по отношению к грифу может быть поперечным и диагональным. Отмечается три положения пластинки (см. рис. 61).

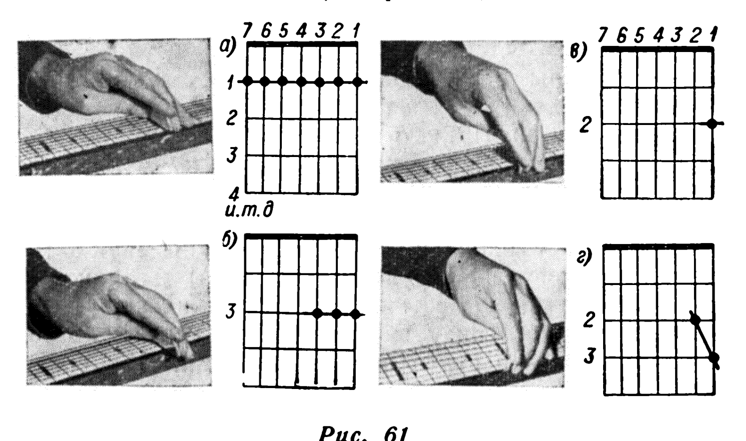


Рис. 61

1. Поперечное (рис. 61, *а* и *б*). При этом покрываются все струны. Такое положение ее называется Б. Баре. Если покрывается 2—3 струны, то М. Баре.

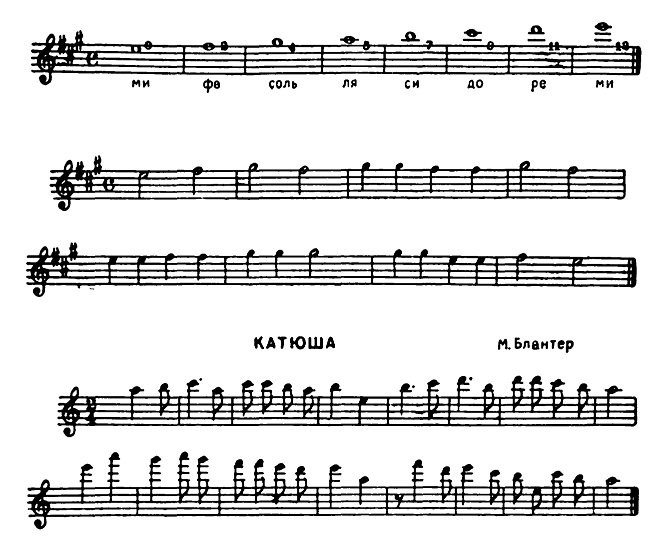
2. Угловое положение (рис. 61, *в*). Пластинка касается своим полукруглым ребром первой струны под углом около 35°.

3. Диагональное положение. По отношению к грифу пластинка покрывает от двух и более струн, захватывая 2—3 лада (рис. 61, *г*).

Игра на открытых струнах. Изучение игры на гавайской электрической гитаре следует начинать с упражнений на открытых струнах. Цель этих упражнений — научиться правильно извлекать звуки правой рукой, запомнить их названия и запись на нотах.

Гриф гитары с изображением звуков, извлекаемых на каждой струне и каждом ладу, см. в табл. 7.

Игра на первой струне. Игра на первой струне отличается от игры на всех остальных струнах. Дело в том, что пластинка касается только первой струны: четвертый палец и мизинец отрываются от всех струн и касаются только первой струны. При переходе от лада к ладу пластинка скользит по струне. Звуки на первой струне до 12-го лада.

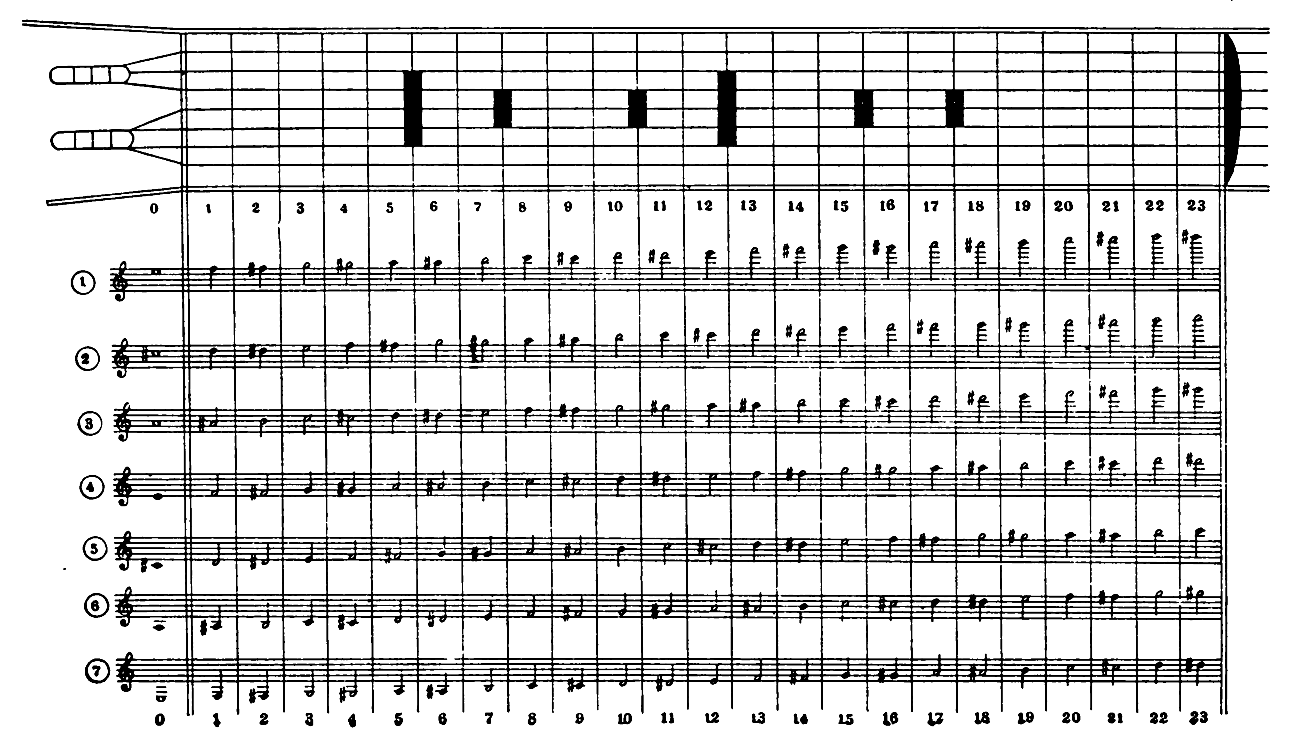


Скольжение пластинки по струнам от одной ноты к другой вверх или вниз называется *глисандо.* Этот прием является одним из наиболее характерных для гавайской гитары. Во время движения пластинки от одного лада к другому слышны все промежуточные звуки. Обозначается глисандо черточкой между нотами.



Исполняется глисандо следующим образом: пластинка накладывается в данном примере на второй лад первой струны и медиатором извлекается звук

Таблица 7



фа. Перед самым окончанием длительности ноты стальная пластинка, не отрываясь от струны, легко скользит вниз на пятый лад — звук *ля*.

Вибрато — это прием игры, вызывающий усиленное колебание звука. Оно основывается на движении пластинки вдоль струны то в одну, то в другую сторону над ладом на расстоянии 2—4 *мм*. Колебание

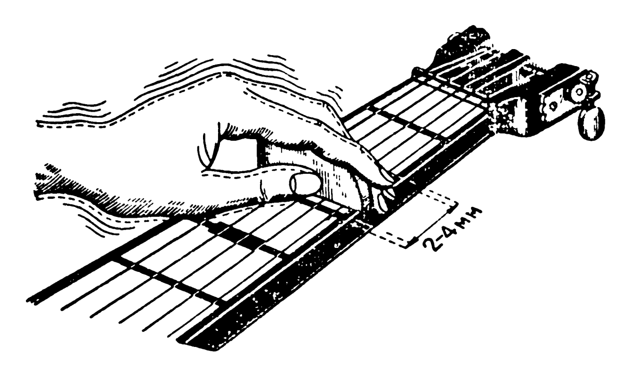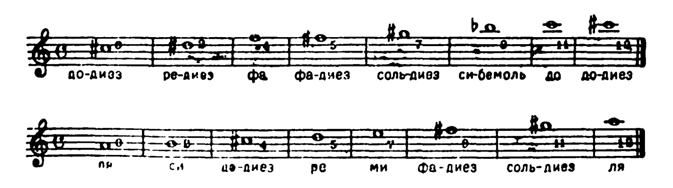


Рис. 62

звука возникает при вибрации пластинки, которое передается струне. Это придает теплоту и мелодичность используемому произведению. Схематическое изображение вибрато см. на рис. 62. Вибрато обозначается волнистой чертой ~~~ над нотой.

Игра на второй струне. Начиная с этой струны, стальная пластинка своим полукруглым шлифованным ребром касается всех струн. Звуки на второй и третьей струнах до 12-го лада.



Техника игры на 4-й, 5-й, 6-й и 7-й струнах не отличается от игры на первых струнах. Звуки, издаваемые на них, будут звучать на октаву ниже.

Основные параметры электрогитар

Название инструмента	Количество адаптеров	Количество тембров	Длина мензуры, *мм* (рабочая часть струны)	Длина инструмента, *мм*	Длина корпуса, *мм*	Ширина корпуса, *мм*	Толщина корпуса, *мм*
1	2	3	4	5	6	7	8
Электрогитара-ритм	2	7	650	1085	500	340	36
Электробас-гитара	2	4	760	1135	500	310	38
Электрогитара соло	3	10	650	1085	500	340	36
Гавайская электрогитара	2	8	490	800	340	230	36

Продолжение

Название инструмента	Диапазон звучания (октавы)	Количество струн	Вес инструмента, *кг*	Количество ладов	Ширина грифа, *мм*		Толщина грифа, *мм*	
					у порожка	у 12-го лада	у порожка	у 12 го лада
1	9	10	11	12	13	14	15	16
Электрогитара-ритм	3,5	6	3,5	20	46	48	23	25
Электробас-гитара	2,5	4	3,5	19	40	48	26	28
Электрогитара-соло	3,5	6	3,9	20	46	48	23	25
Гавайская электрогитара	4	7	2,0	23	48	54	32	34

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Спецификация струн

№№ п/п.	Наименование инструмента	Порядковые №№ струн	Длина струны, *мм*	Диаметр керна, *мм*	Диаметр навивки, *мм*
1	Гитара-ритм	1	980	0,3	—
		2	980	0,4	—
		3	980	0,35	0,12
		4	900	0,4	0,20
		5	900	0,4	0,28
		6	900	0,5	0,38
2	Электробас-гитара	1	1450	0,4	0,4
		2	1580	0,5	0,5
		3	1640	0,6	0,7
		4	1660	0,7	0,95
3	Гитара-соло	1	1110	0,3	—
		2	1110	0,4	—
		3	1110	0,35	0,12
		4	1050	0,4	0,2
		5	1050	0,4	0,28
		6	1050	0,5	0,38
4	Гавайская гитара	1	750	0,3	—
		2	750	0,35	—
		3	700	0,4	—
		4	700	0,45	—
		5	700	0,4	0,2
		6	750	0,4	0,28
		7	750	0,5	0,38

ЛИТЕРАТУРА

1. Баржин В. Я. и др. Апериодические усилители на полупроводниковых приборах. Проектирование и расчет. «Советское радио», 1968.

2. Белов С. И., Бандас Л. Л., Минин А. Е. Музыкальные инструменты фабрики им. Луначарского. Каталог. Ленсовнархоз, 1963.

3. Гендин Г. С. Высококачественные любительские усилители низкой частоты. «Энергия», 1965.

4. Маранцлихт М. Л. Самоучитель игры на мандолине и четырехструнной домбре. «Советский композитор», 1959.

5. Николаевский И. Ф. Транзисторы и полупроводниковые диоды. Справочник. Связьиздат, 1963.

6. Прохоров Е. А. Адаптеризация музыкальных инструментов. «Энергия», 1966.

7. Сазонов В. С. Самоучитель игры на семиструнной гитаре. Музгиз, 1963.

8. Симонов И. Д. Новое в электромузыкальных инструментах. «Энергия», 1966.

9. Baloch Géza. Elektromos hawaügitár iskola. Masalik kiadas. Editio Musica. Budapest, 1963.

10. Götze Walter. Die Hawaiigitarrensehyle. Promusica Verlag. Leipziq—Berlin.

СОДЕРЖАНИЕ

МЕДВЕДОВСКИЙ ДАВИД СЕМЕНОВИЧ
ГУЗЕВИЧ ОЛЕГ НИКОЛАЕВИЧ

ЭЛЕКТРОГИТАРЫ

Редактор **А. И. Важинская**
Художественный редактор **Г. А. Гудков**
Технический редактор **О. С Житникова**
Корректор **М. Э. Орешенкова**

Сдано в производство 21/IV 1970 г. Подписано к печати 4/VIII 1970 г. М-15118 Печ. л. прив 5,01. Уч.-изд. л. 4,03 Бум. л. 1,5 Бумага типографская № 2, $84\times108^{1}/_{32}$. Тираж 80 000. Цена 16 коп. Заказ 1266.

Ленинградское отделение издательства «Энергия», Марсово поле, 1

Ленинградская типография № 4 Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР, Социалистическая, 14

Цена 16 коп.

